



"ENSEÑAR LA EXPLOTACIÓN DE
LA TIERRA, NO LA DEL HOMBRE"

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
INSTITUTO DE HORTICULTURA**

**CULTIVO EN INVERNADERO, POSTCOSECHA Y MERCADO
DEL CHILE MANZANO
(*Capsicum pubescens* R y P)**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

LUIS ENRIQUE ESPINOSA TORRES

Chapingo, Estado de México. Agosto del 2010.



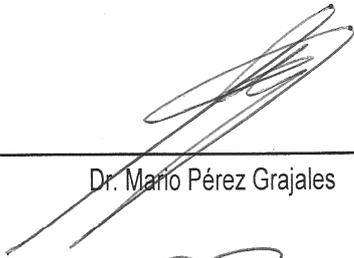
Instituto de Horticultura

**CULTIVO EN INVERNADERO, POSTCOSECHA Y COMERCIALIZACIÓN DEL
CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* R y P)**

Tesis realizada por Luis Enrique Espinosa Torres, bajo la dirección del Comité
Asesor indicado, aprobado por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR:



Dr. Mario Pérez Grajales

ASESOR:



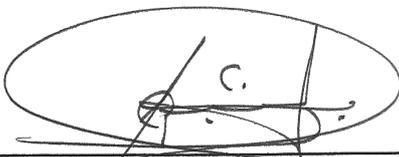
Dr. Gerónimo Barrios Puente

ASESOR:



Dra. María Teresa Martínez ^{Damián}

ASESOR:



Dr. Rogelio Castro Brindis

LECTOR EXTERNO:



Dr. Orsohe Ramírez Abarca

DEDICATORIA

El presente trabajo, esfuerzo de varios años de sacrificios constantes, lo dedico con todo mi amor, respeto, agradecimiento y de manera muy especial a:

Mis padres, **Sra. Dora Irma Torres Genovés** y **Sr. José Rosario Espinosa Solórzano**, por todo su amor, paciencia, enseñanza, y sobre todo porque nuevamente llegamos a una meta más, cumpliendo con el objetivo propuesto.

A mi esposa, **Sra. Graciela Ma. Antonieta Chávez (Tony)** por encontrarla en el momento justo en que necesitaba un último aliento para terminar este proceso. Por amarnos y porque en ella se gesta ese ser maravilloso que nacerá de un verdadero amor, nuestro **Hijo**, quien esperamos llegue a nuestro hogar a cambiarnos nuestra vida llenándola de felicidad.

A mi hermano **Mario Antonio** quien me apoya en todo momento y circunstancia. A quien amo y admiro con gran pasión. Eres mi ejemplo hermano.

A mis abuelos, **Sra. Jesús Genovés** y **Sr. Enrique Torres**. A toda mi familia, tíos, primos, sobrinos de lado **Torres** y **Espinosa**. Por todo ese amor y apoyo incondicional en cada etapa de mis estudios y en cada paso de mi vida.

A las familias **Herrera De La Vega**, **Martínez Aguilar** y **Rivera Rivera**, por hacer de su hogar mi casa y considerarme parte de su familia en todo momento.

A mis amigos, Francisco, Aracely, Sr. Santiago, Rafa, Foster, Braulio, Peter, Arely, Paty, Jazmín, Sara, Sixto, Agustín "El Loco", Jesús, Alejandro, y Alma.

A mi majestuoso Estado de Chiapas, al lindo Estado de México, y a mi México querido.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios y a la vida**, por permitirme terminar esta etapa de mi vida.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por al apoyo económico otorgado mediante la beca durante el periodo de estudios 2006– 2008.

A la **Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura** por brindarme las facilidades para llevar a cabo mis estudios de postgrado.

Al **Dr. Mario Pérez Grajales**, por el apoyo brindado en la dirección del presente trabajo, por su amistad y compañerismo.

Al **Dr. Gerónimo Barrios Puente**, por su excelente ética profesional, valiosas aportaciones críticas en el desarrollo del presente documento, y sobre todo por su apreciable y valiosa amistad.

A la **Dra. María Teresa Martínez Damián**, por sus orientaciones, sugerencias atinadas y contribuir en mi formación académica.

Al **Dr. Rogelio Castro Brindis** por su apoyo, tiempo y dedicación en la revisión de la presente tesis. Gracias.

Al **Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez**, por todos los apoyos brindados durante mis estudios de postgrado a través de la coordinación del Instituto de Horticultura, por esas aportaciones atinadas y siempre predicar con el ejemplo claro y constante. Por su amistad, muchas gracias.

Al **Sr. Eusebio Moreno Silva (Don Chevito)**, por su excelente calidad humana, por su paciencia y apoyo incondicional en todo momento, así como por transmitir y recordar en mí persona valores que sólo los verdaderos amigos practican.

A mis amigos del Campo Agrícola Experimental de Fitotecnia, Sixto, Agustín, Maximino, por su amistad y apoyo incondicional.

A todos mi agradecimiento, admiración y respeto.

DATOS BIOGRÁFICOS

Luis Enrique Espinosa Torres, nació en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez el 16 de Junio de 1979, en el bello y majestuoso Estado de Chiapas. Es hijo del Sr. José Rosario Espinosa Solórzano y de la Sra. Dora Irma Torres Genovés, agricultor y ama de casa, respectivamente. Creció y llevó acabo sus estudios básicos en la colonia Manuel Ávila Camacho en el municipio de Villa Corzo en la Región Fraylesca. Curso estudios técnicos de técnico programados analista y Auxiliar de contador. Sus estudios superiores y de postgrado los realizó en la Universidad Autónoma Chapingo, es Licenciando en Comercio Internacional de Productos Agropecuarios y Maestro en Ciencias en Horticultura. Ha trabajado en diversas empresas de orden privado y de gobierno. Asesora a productores de hortalizas en varios estados del país. Actualmente es Coordinador de la Licenciatura en economía y profesor del Centro Universitario UAEM-Texcoco de la Universidad Autónoma del Estado de México.

CULTIVO EN INVERNADERO, POSTCOSECHA Y MERCADO DEL CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* R Y P)

Luis Enrique Espinosa Torres¹ y Mario Pérez Grajales²

RESUMEN GENERAL

Se registró la temperatura, radiación y humedad relativa en el cultivo de chile manzano bajo condiciones de invernadero y se relacionó con las necesidades óptimas para la planta y con las plagas presentes, las cuales influyen en el rendimiento y calidad de fruto. En postcosecha se evaluaron empaques a diferentes temperaturas de almacenamiento para retrasar el deterioro fisiológico del fruto y mantener la calidad de ellos al mejorar la vida de anaquel y con esto favorecer el acceso a mercados de competencia. Además, se describieron los mercados de chile manzano más importantes en México y se consideraron las regiones productoras de Michoacán, Puebla, y Estado de México, para conocer los canales y agentes que participan en la comercialización de este tipo de chile. El intervalo óptimo de temperatura, humedad relativa y radiación fue de 15 a 22 °C, 60 a 80 % y 400 a 600 lum·sqf⁻¹, respectivamente. Las plagas presentes fueron: Pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) y paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.). Los empaques de charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada combinados con el almacenamiento a temperaturas bajas (12 y 5 °C) pro longó la vida de anaquel de los frtuos. Los mercados más importantes en México son la central de abastos de Iztapalapa; central de abastos de Ecatepec y Toluca en el Estado de México, central de abastos de Morelia y Zamora en Michoacán, y la Ciudad de Puebla. Los agentes de comercialización son el productor, acaparador local, mayorista de destino, medio mayorista, detallistas y consumidor final y los resultados señalan que el sistema de producción intensivo en invernadero presenta mejores rendimientos y calidad de frutos en relación al de campo abierto.

Palabras clave: calidad de fruto, plagas, empaques, postcosecha, comercialización, *Capsicum pubescens*.

¹Autor de la tesis

²Director de la tesis

GREENHOUSE FARMING, POSTHARVEST AND THE MARKETING OF THE MANZANO PEPPER (*Capsicum pubescens* R Y P) IN MEXICO

Luis Enrique Espinosa Torres¹ y Mario Pérez Grajales²

GENERAL ABSTRACT

The relative temperature, radiation and humidity of the manzano pepper crop were registered under greenhouse conditions and it was related with the most favorable needs to the plant and to the existing plagues, which have an influence on quality and yield. In the post-harvesting stage, packaging at different temperatures of storage was evaluated, so that the physiological deterioration of the fruit and the quality were kept by improving the shelf-life for these actions led access to competition markets. Moreover, the most important manzano pepper markets in Mexico were described, the production regions of Michoacan, Puebla and State of Mexico, to know the channels and agents that participate on the commercialization of this kind of pepper. The results convey that the greenhouse intensive production system results in a better yield and quality outcome. The optimum interval of relative temperature, humidity and radiation is of 15 to 22 °C, 60 to 80 % and 400 to 600 lum sqf⁻¹ respectively. The present plagues were the green peach aphid (*Myzus persicae* Sulzer), the broad mite (*Polyfagotarsonemus Latus*), red spider mite (*Tetranychus urticae* Koch), whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), potato psyllid (*Bactericera cockerelli* Sulc.). The packages of polystyrene plasticized tray combined with storage at low temperatures (12° and 5° C) maximized the shelf-life. The most important markets in Mexico are the Central Food depot of Iztapalapa, Central Food depot of Ecatepec and Toluca in the State of Mexico, Central Food depot of Morelia and Zamora Michoacan, and Central Food depot of Puebla. The commercialization agents are the producer, local collectors, destiny wholesalers, medium-size wholesalers, retailers and the final consumer.

Keywords: fruit quality, plagues, packaging, post-harvesting, commercialization, *Capsicum pubescens*.

¹Thesis author

²Thesis director

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN GENERAL	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE CUADROS	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
CAPÍTULO 1. TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN Y PLAGAS EN EL CULTIVO DE CHILE MANZANO EN INVERNADERO	3
CAPÍTULO 2. EFECTO DE EMPAQUES Y TEMPERATURAS EN EL ALMACENAMIENTO DE CHILE MANZANO	27
CAPÍTULO 3. CALIDAD DE FRUTO Y MERCADO DEL CHILE MANZANO	53
DISCUSIÓN GENERAL	75
CONCLUSIONES GENERALES	77
LITERATURA CITADA GENERAL	78

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- FIGURA 1. Temperatura y humedad relativa media mensual en el invernadero de chile manzano de 2006 a 2007. 11
- FIGURA 2. Temperaturas y humedades relativas críticas de 2006 a 2007 en el cultivo de chile manzano en invernadero. 12
- FIGURA 3. Rendimiento y unidades calor acumuladas en la etapas fenológicas de chile manzano en invernadero durante dos años (2006 a 2007). 13
- FIGURA 4. Radiación y unidades calor acumuladas por etapas fenológicas en el cultivo de chile manzano en invernadero durante dos años. 14
- FIGURA 5. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia del Pulgón (*Mysus persicae* Sulzer) en la sección tres del invernadero de chile manzano (2006 y 2007). 16
- FIGURA 6. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia del Acaro blanco (*Polyfagotharsonemus Latus* Banks) en la sección tres del invernadero de chile manzano en 2006. 18
- FIGURA 7. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en la sección tres del invernadero de chile manzano (2006 y 2007). 19
- FIGURA 8. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) en la sección tres del invernadero de chile manzano en 2006 y 2007. 21

FIGURA 9. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en la sección uno del invernadero de chile manzano en 2008. 22

FIGURA 10. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en la sección dos del invernadero de chile manzano en 2008. 23

CAPÍTULO 2

Figura 1. Acidez titulable en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 35

Figura 2. Contenido de vitamina C en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 37

Figura 3. Pérdida de peso en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 39

FIGURA 4. Firmeza en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 41

FIGURA 5. Luminosidad en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 43

FIGURA 6. Cromaticidad en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 45

FIGURA 7. Ángulo de matiz en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque. 47

CAPÍTULO 3

FIGURA 1. Municipios con producción y mercados de distribución de chile manzano en el Estado de México, 2009.	61
FIGURA 2. Ubicación de los municipios de producción y mercados de distribución del chile manzano en el Estado de Puebla, 2009.	63
FIGURA 3. Empaque de chile manzano para venta (cajas de madera con 15 a 20 kilogramos de fruto) en la Central de abastos de Huixcolotla, Puebla, 2009.	64
FIGURA 4. Empaque de chile manzano para venta (cajas de madera con 13 a 15 kilogramos de fruto) Central de Abastos de la Ciudad de Puebla. Abril, 2009.	65
FIGURA 5. Ubicación de los municipios de producción y mercados de distribución del chile manzano en el Estado de Michoacán. 2009.	68
FIGURA 6. Canales de comercialización del chile manzano en México.	69
FIGURA 7. Calidad y empaques de los frutos de chile manzano en los mercados de México.	70

ÍNDICE DE CUADROS

CAPÍTULO 1

CUADRO 1. Comparación de medias de temperatura, humedad relativa y radiación por sección de invernadero con datos registrados cada hora durante dos años en un invernadero (1,500 m ²) de producción intensiva de chile manzano. Chapingo, México, 2006 a 2007.	11
---	----

CAPÍTULO 3

CUADRO 1. Formato de encuesta aplicado en los mercados estudiados.	58
CUADRO 2. Calidad de frutos y precios de chile manzano en la Central de Abastos de Ecatepec de Morelos, Estado de México.	63
CUADRO 3. Calidad de frutos, características y precios de chile manzano en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F.	66
CUADRO 4. Precios en los locales de distribución en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F.	67

INTRODUCCIÓN GENERAL

La producción de hortalizas en México ha tenido un dinamismo especial en las últimas dos décadas. Una de las más importantes es el cultivo del chile (*Capsicum spp.*) por ser un alimento fundamental en la dieta diaria de los mexicanos. En la diversidad de chiles que se cultivan en el territorio nacional, el chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) ha cobrado mayor importancia en los últimos 15 años (Pérez y Castro, 2008). Este tipo de chile es originario de América del sur, de los andes, y fue domesticado en tierras Aztecas y aun cuando es un cultivo muy particular los mexicanos lo han adoptado poco a poco en su alimentación (Pérez y Castro, 1998). El incremento de huertos semicomerciales y actualmente la demanda de este producto ha motivado el desarrollo de sistemas de producción que elevan la productividad y su calidad postcosecha (Espinosa, 2005). Según Pérez y Castro (2008) y, Espinosa y Villa (2008), las principales zonas donde se encuentra distribuido en México, son: Sierra Norte de Puebla (Tlatlahuiquitepec, Zacapoaxtla, Teziutlán); Tacámbaro y Zitácuaro, Michoacán, Centro de Veracruz (Huatusco, Coscomatepec y Zongolica), Coatepec de Harinas, Villa Guerrero y San Miguel Tlaixpan, Edo. México; y San Cristóbal y Motozintla, en el Estado de Chiapas.

Los sistemas de producción actuales, son el de campo abierto asociado con árboles de pino y frutales, y el intensivo bajo condiciones de invernadero. El de campo abierto se caracteriza por tener problemas fitosanitarios la secadera del chile (*Phytophthora capsici* L.), poco rendimiento (15 a $20 \text{ t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$), frutos de mala calidad (tamaño pequeño, deformes), con enfermedades fungosas, picadura de aves y corta vida postcosecha, entre otros. En contraste, la producción de chile manzano en invernadero que inició hace 12 años tiene las ventajas siguientes: mayor control de temperatura, humedad relativa, radiación, nutrición de las plantas, empleo de altas densidades de población (12,000 plantas por hectárea), alta calidad de fruto y rendimientos elevados (70 a $80 \text{ t}^{-1} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}$), y menor daños causados por plagas (Pérez y Castro, 2008).

Por otra parte, los consumidores son los actores principales en la aceptación o no de la calidad e inocuidad de los alimentos, por ello la participación de éstos y las organizaciones en el ámbito nacional e internacional pueden y deben contribuir a la mejora de los procesos de producción, manejo postcosecha y comercialización de este producto, y no obstante que se desarrollen nuevas tecnologías que mejoren la calidad de los productos; la manipulación inadecuada, el deterioro, las plagas y la falta de conocimiento e inversión en postcosecha, entre otras, hacen que muchos productos no lleguen a su destino final, provocando con ello pérdidas a los productores, comercializadores y en ocasiones a los consumidores. El chile manzano no es la excepción, pues el fruto sufre pérdidas causadas por cambios fisiológicos normales que se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica y daños físicos, los cuales pueden causar sabores desagradables (Wills *et al.*, 1998).

Por ello, se buscan opciones de comercialización que ayuden a mejorar las condiciones de los productores ya que los mercados en México, tienen características especiales debido a su ubicación geográfica, elevado número de intermediarios en la cadena comercial que hace que los precios se incrementen; las formas de comercialización y de empaques no están debidamente reglamentadas, es decir, no existe una regulación comercial que coadyuve en la calidad de este tipo de chile.

Por lo que el objetivo de la presente investigación fue relacionar la temperatura, humedad relativa y radiación del cultivo de chile manzano en invernadero con las necesidades adecuadas de la planta para expresar alto rendimiento de fruto y con la presencia de plagas; así como estudiar el efecto de tres empaques y tres temperaturas de almacenamiento en frutos de plantas cultivadas en invernadero sobre la vida de anaquel y calidad postcosecha; además de determinar los parámetros de calidad empleados en los principales mercados de este tipo de chile en México; y describir los canales de comercialización y mercados existentes en los principales estados productores de este tipo de chile.

CAPÍTULO 1

TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN Y PLAGAS EN EL CULTIVO DE CHILE MANZANO EN INVERNADERO

TEMPERATURA, HUMEDAD RELATIVA, RADIACIÓN Y PLAGAS EN EL CULTIVO DE CHILE MANZANO EN INVERNADERO.

RESUMEN

Durante dos años se monitorearon, temperatura, humedad relativa y radiación del cultivo de chile manzano en invernadero. Los datos indicaron que el rango óptimo de temperatura para el cultivo fue de 15 a 22 °C, humedad relativa de 60 a 80 % y radiación de 400 a 500 lum·sqf⁻¹. Los rangos críticos de temperatura mínima (< 2 °C) y humedad máxima (> 80 %) se presentaron de noviembre a diciembre, y de temperatura máxima (> 30 °C) y humedad relativa mínima (< 50 %) de abril a junio. El rendimiento de frutos fue de 7.8 kg·m⁻². Las plagas que se presentaron fueron pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), en el ciclo primavera-verano, de abril a agosto de 2006 y 2007; el ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), en el ciclo otoño-invierno (septiembre a diciembre de 2006) y paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) de noviembre a diciembre de 2007 en una sección del invernadero y durante el ciclo primavera-verano de 2008. Para un mejor control de plagas en el cultivo de chile manzano en invernadero, se requiere un manejo ambiental mediante un sistema de nebulización, para incrementar humedad relativa y disminuir temperatura en épocas cálidas. En periodos de bajas temperaturas y humedades relativas altas, se requiere el uso de extractores de humedad ambiental. Para un mejor control y evitar la incidencia de plagas en el cultivo, es necesario implementar prácticas culturales como; deshoje y poda de ramas, empleo de depredadores, parasitoides entomopatógenos y extractos vegetales que mejoren el rendimiento de fruto de este tipo de chile.

PALABRAS CLAVE: temperatura, humedad relativa, radiación, plagas, *Capsicum pubescens*, invernadero.

ABSTRACT

For two years the environmental conditions (temperature, relative humidity and radiation) of the culture of Manzano Hot Pepper were monitoring in green house conditions. The registered data indicated that the ideal range of temperature for the culture is from 15 to 22 °C, 60 to 80 % from humidity relative and radiation from 500 to 400 lum·sqf⁻¹. The critical ranges of minimal temperature (<2 °C) and maximum humidity (> 80 %) appears from November to December, and of maximum temperature (> 30 °C) and minimal humidity relative (<50 %) in April to June. The yield of fruits was of 7.8 kg·m⁻². The plagues that appeared were Tobacco hornworm (*Myzus persicae* Sulzer), spider mite (*Tetranychus urticae* Koch) and greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), in the cycle spring-summer, of April to August of 2006 and 2007; the white mite (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), in the cycle autumn-winter (September to December of 2006) and Potato psyllid (*Bactericera cockerelli* Sulc.) of November to December of 2007 in a section of the conservatory and during the cycle spring-summer of 2008 in two sections. In the environmental handling of the greenhouse the use of misting system is recommended to increase relative humidity and to diminish temperature at the warmest times, and the use of extractors of air dampness in winter periods, as well as of cultural practices as defoliation, pruning of stems and pruning of rejuvenation. Also the vegetal use of predators, parasites, entomopathogenic, extracts and traps for monitoring and control is necessary to improve fruit yield in manzano hot chilli pepper grown under green house conditions.

Additional key words: temperature, relative humidity, radiation, plagues, *Capsicum pubescens*, Greenhouse.

INTRODUCCIÓN

En la producción de hortalizas en México el uso de invernaderos ha crecido de 2001 a 2006 en 40 %, en 2006 existían alrededor de 6,000 hectáreas y 1,700 en construcción (SIAP-SAGARPA, 2007). En agronegocios utilizando invernaderos lo importante del éxito ha sido incrementar la producción en cantidad, calidad y oportunidad comercial (Castañeda *et al.* 2007) y una de las hortalizas que más se produce es el chile, principalmente los tipos bell pepper y jalapeño. Recientemente, también se cultiva el chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P); en México se cultiva en las zonas altas y frescas, con temperatura promedio de 18 a 22 °C durante el día y de 10 a 12 °C durante la noche, humedad relativa de 70 a 80 % y una radiación promedio de 550 μmol de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$, en altitudes de 1700 a 2400 m. En los últimos años se ha observado un incremento en la demanda de chile manzano, lo que ha motivado el desarrollo de la producción intensiva en invernadero para incrementar la cantidad y calidad (Pérez *et al.*, 2004).

La producción de chile manzano en invernadero se inició hace 12 años, las principales ventajas de este sistema son: el control relativo de temperatura, humedad relativa, radiación, nutrición de las plantas, y empleo de altas densidades de población (12,000 plantas por hectárea), alta calidad del fruto y rendimiento, ausencia de la principal enfermedad conocida como secadera del chile (*Phytophthora capsici* L.) y la disminución de los daños causados por plagas que pueden ser transmisoras de enfermedades criptogámicas (Pérez y Castro, 2008).

Es deseable que en el control de plagas dentro de los invernaderos no se emplee insecticidas que generen residualidad en los frutos. Una alternativa viable es el manejo de las condiciones ambientales que permitan el desarrollo adecuado del cultivo y no favorezcan la presencia e incremento de las poblaciones de los insectos plaga.

El objetivo de este trabajo fue monitorear las condiciones de temperatura, humedad relativa y radiación, durante dos años consecutivos para determinar las unidades calor (UC), el intervalo de temperatura y humedad relativa óptima y crítica para el cultivo y relacionarlo con la presencia de plagas en un invernadero de producción intensiva de chile manzano. Con la hipótesis de que es posible tener manejo ambiental óptimo dentro del invernadero para disminuir la presencia y desarrollo de plagas y a su vez obtener alto rendimiento de fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en Chapingo, Estado de México, en un invernadero de chile manzano tipo doble cenital, con una superficie de 1,500 m² y 1890 plantas, acondicionado con sistema de fertirrigación, solución nutritiva balanceada, cubierto con plástico blanco lechoso de 50 % de sombra, malla antiáfido 40x26 hilos por pulgada cuadrada, bolsas de polietileno bicolor (blanco-negro) calibre 600; tezontle rojo como sustrato, ground cover blanco, y sistema de tutoreo.

Los valores de temperatura, humedad relativa y radiación se registraron de abril de 2006 a marzo de 2008, cada hora con data loggers modelo H8 marca HOBO®. Los registros se realizaron en plantas ubicadas en tres secciones, en el norte, centro y sur del invernadero. Las plántulas de la variedad Puebla se establecieron en febrero de 2006, con un diseño de bloques al azar, con tres bloques (secciones) cada uno de ellos con 630 plantas colocadas a 1.6 m entre hileras y 0.50 m entre plantas.

Los datos de temperatura, humedad relativa y radiación fueron procesados mediante el programa computacional Boxcar® versión 3.7 y se llevó a cabo análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) para secciones y, para años, una prueba de "T" de student mediante el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 8.0. Los intervalos críticos de temperatura y humedad relativa fueron aquellos que se

presentaron durante más de tres horas continuas con valores $< 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$, y $< 40\%$ y $> 80\%$, respectivamente.

Para determinar las unidades calor (UC) por etapa fenológica se utilizó el método residual (Snyder, 1985).

El rendimiento de fruto se registró en kilogramos producidos durante un año de cosecha que comprendió de agosto de 2006 a julio de 2007, con frecuencia de corte de ocho días. Los datos de temperatura promedio fueron graficados durante el periodo estudiado (abril de 2006 a marzo de 2008). También se graficó el comportamiento de las temperaturas (mínima, media y máxima) en el período de aparición de las plagas, considerando sólo la (s) sección (es) donde se presentaron. Gráficas similares se elaboraron para humedad relativa y radiación, excepto que para esta última se consideraron sólo los promedios mensuales para relacionarlos con la fenología y el rendimiento y calidad de fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento de Temperatura, Humedad Relativa y Radiación entre secciones y entre años

El análisis de varianza no mostró diferencias significativas ($\alpha \leq 0.05$) para temperatura, y si para humedad relativa y radiación. La prueba de comparación de medias (Cuadro 1) indicó que las tres secciones del invernadero fueron iguales para temperatura, en humedad relativa las diferencias se observaron en las tres secciones con el valor más alto (70.1 %) en el extremo norte (sección uno) y el más bajo (65.5 %) en el sur (sección tres). La radiación fue igual para los bloques del centro y sur (sección dos y tres), pero diferente para la norte con el valor más alto (469.1 lum·sqf⁻²), lo que indica un comportamiento diferenciado de estas variables en las secciones del invernadero y, en la presencia y distribución de cinco plagas que se presentaron durante los dos años de estudio. Las medias

obtenidas para temperatura, humedad relativa y radiación fueron 16.5 °C, 67.5 %, y 450.1 lum·sqf⁻², respectivamente, valores cercanos a los mencionados por Pérez *et al.*, (2004) como óptimos para el cultivo de chile manzano, quienes establecen 18 a 22 °C durante el día, de 10 a 12 °C durante la noche y humedad relativa de 70 a 80 %. Aunque se observó que la humedad relativa es 2.5 % menor y la temperatura 1.5 °C más baja que la óptima mencionada; la condición promedio presente durante los dos años de estudio fue favorable para el cultivo, ya que el rendimiento por metro cuadrado por año fue de 7.8 kg, es decir, aproximadamente 80 t·ha⁻¹·año⁻¹, que es la referida por dichos autores.

CUADRO 1. Comparación de medias de temperatura, humedad relativa y radiación por sección de invernadero con datos registrados cada hora durante dos años en un invernadero (1,500 m²) de producción intensiva de chile manzano. Chapingo, México, 2006 a 2007.

Bloque o Sección	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)	Radiación (lum·sqf ⁻²)
1	16.4 a ^z	70.1 a ^z	469.1 a ^z
2	16.5 a	66.9 b	443.5 b
3	16.5 a	65.5 c	437.5 b
Media	16.5	67.5	450.5
DMSH	0.2	0.7	17.4
CV (%)	55.1	40.4	70.7
Años			
1	17.5 a ^t	68.4 a ^t	468.0 a ^t
2	15.5 b	66.5 b	429.0 b

Media	16.5	67.5	450.5
DMSH	0.8	8.3	12.9
CV (%)	53.7	39.1	61.3

Medias con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales (Tukey^z y T de Student^t, $\alpha = 0.05$); DMSH: diferencia mínima significativa honesta; CV: coeficiente de variación.

El comportamiento de la temperatura, humedad relativa y radiación entre años mostraron diferencias significativas de acuerdo a la prueba de T de student ($\alpha=0.05$), y los valores son menores en el segundo año. Sin embargo, en ambos casos los promedios se encuentran en el rango óptimo que se proponen para chile manzano en este estudio (Cuadro 1, Figura 1 y 4), Es decir, de 15 a 22 °C, 60 a 80 % de HR y radiación de 400 a 600 lum·sqf².

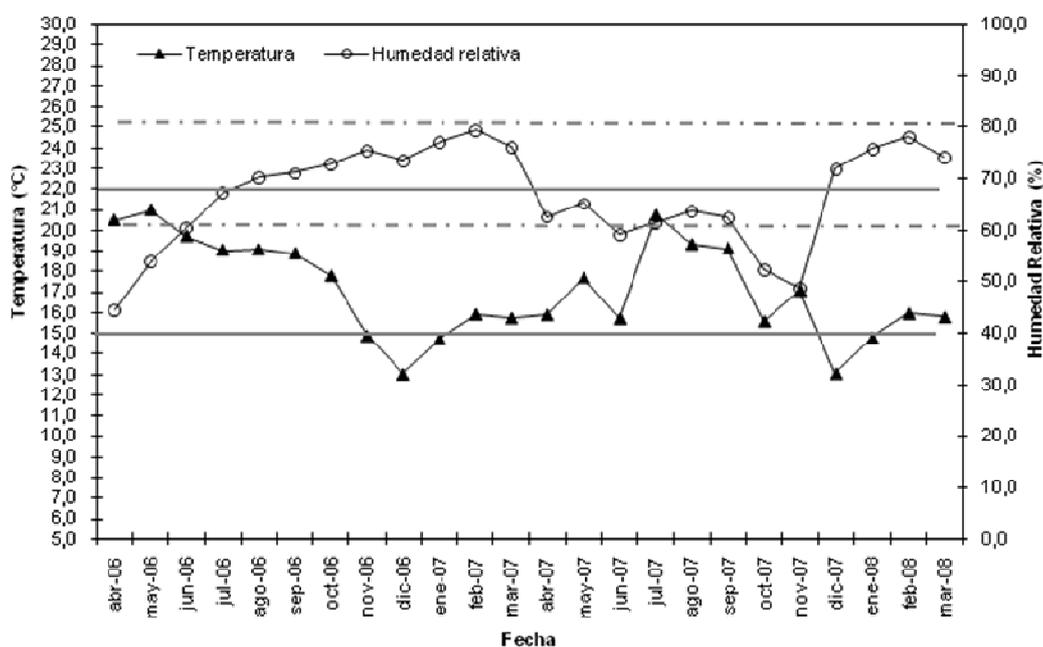


FIGURA 1. Temperatura y humedad relativa media mensual en el invernadero de chile manzano de 2006 a 2007. —: intervalo óptimo de temperatura; - - -: intervalo óptimo de humedad relativa.

Temperatura y Humedad Relativa críticas para el cultivo de chile manzano en invernadero

El crecimiento de las plantas, sin importar la condición de luz y humedad del suelo, cesa cuando la temperatura disminuye por debajo de un valor mínimo o excede un valor máximo; entre esos dos límites existe una temperatura óptima donde el crecimiento se lleva a cabo con mayor rapidez (Villa *et al*, 2005). Al respecto, en el invernadero de chile manzano la temperatura crítica máxima se registró de abril a julio de 2006 y de marzo a abril de 2007, teniendo 42 días con siete horas continuas mayores a 30 °C y humedad relativa promedio de 26 %, representando en 5.8 % de los 730 días evaluados. Los valores críticos mínimos de temperatura y máximos de humedad (16 días) se registraron en noviembre y diciembre de 2006, así como en septiembre, noviembre y diciembre de 2007 con valores de – 0.1 °C hasta por 10 horas continuas y humedad de 93 % (Figura 2). Para un sistema de producción intensivo como el del chile manzano, es necesario mejorar la condición de los 58 días críticos, puesto que el valor de la producción compensa los costos que se generen en las prácticas necesarias para evitar las condiciones adversas; ya que el efecto negativo de éstas se reflejan en la falta de fecundación de las flores, lo cual se traduce en disminución de la producción de aproximadamente dos meses por año ($13.3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, con valor promedio de \$20,000.00 por tonelada).

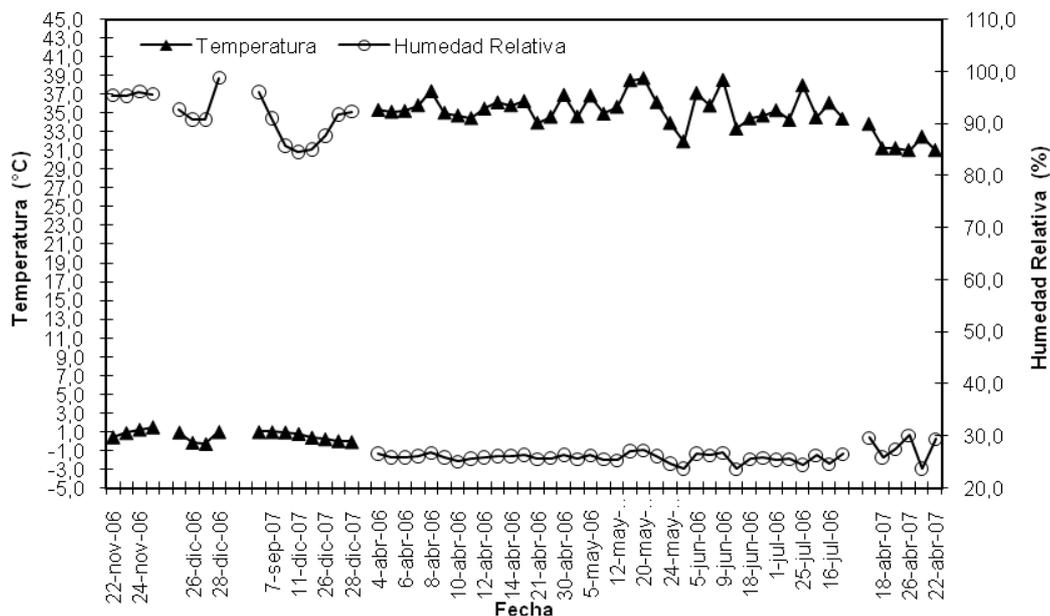


FIGURA 2. Temperaturas y humedades relativas críticas de 2006 a 2007 en el cultivo de chile manzano en invernadero.

Efecto de las unidades calor y radiación en la fenología y producción de chile manzano

En chile manzano se distinguen cuatro etapas fenológicas: 1) plántula (emergencia, crecimiento vegetativo a primera bifurcación); 2) crecimiento vegetativo (primera bifurcación a inicio de floración); 3) crecimiento vegetativo, floración e inicio de fructificación; 4) y crecimiento vegetativo con floración, fructificación y maduración de frutos. Esta última fase continúa hasta que se realiza la poda de rejuvenecimiento de la planta, la cual se llevó a cabo a los 540 días después de la siembra. Posterior a esto se generan nuevos brotes o ramas, las cuales generan flores y frutos. Es decir, se repiten las etapas fenológicas, sólo que ellas son de menor tiempo. Por lo tanto, se tuvieron dos periodos de producción, en el primero se acumularon 7,444 UC en 540 días y se obtuvo un rendimiento de $7.8 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$, para el segundo 2,990 UC en 244 días (Figura 3). En la

etapa uno (30 días) se acumularon 380.2 UC; en la dos (90 días) 1,457.2 vs 1,101.1 UC; la tres (60 días) 971 vs 724.3 UC; y en la cuatro (360 días) 4,635 vs 375 UC, para el primer y segundo periodo, respectivamente. En la etapa uno no se tiene comparación de la unidades calor entre el primero y segundo periodo debido a que en el primero se tuvo la etapa de plántula y en el segundo se inicia a partir de la poda de rejuvenecimiento.

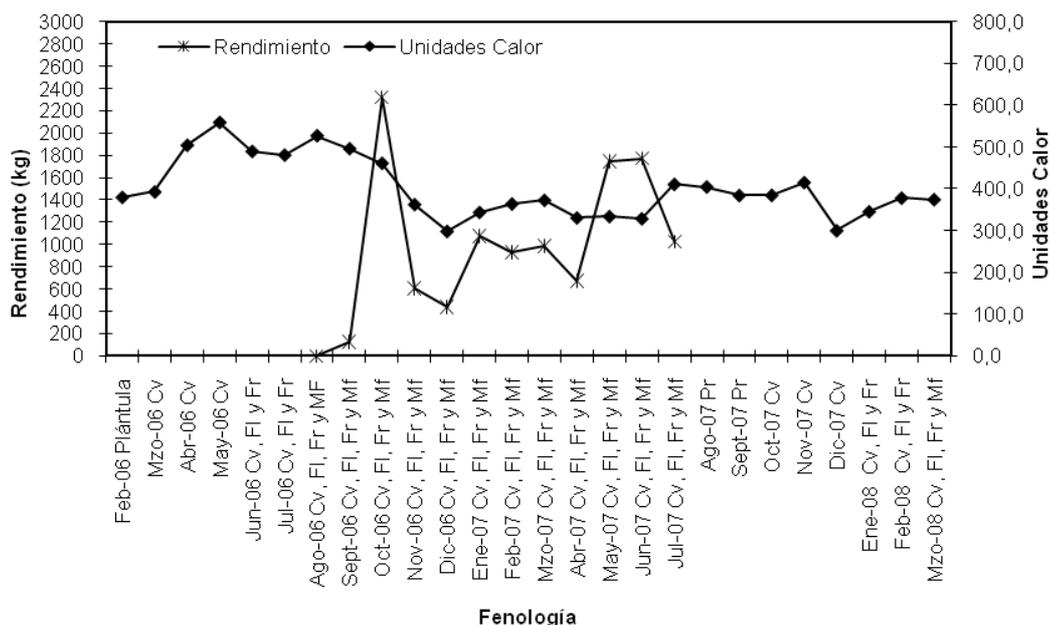


FIGURA 3. Rendimiento y unidades calor acumuladas en la etapas fenológicas de Chile manzano en invernadero durante dos años (2006 a 2007). Donde: Cv = crecimiento vegetativo; Cv, Fl, y Fr = crecimiento vegetativo, floración e inicio de fructificación; Cv, Fl, Fr; Mf = crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos; y Pr = poda de rejuvenecimiento.

La radiación representa la forma principal de intercambio de energía entre las plantas y el ambiente aéreo, esta energía, es convertida en calor y conduce a otros intercambios de radiación y transpiración. También determina las temperaturas de los tejidos con consecuencias en los procesos metabólicos y los balances entre ellos (Nobel, 1991; Villa *et. al*, 2005). En Chile manzano, la etapa de crecimiento vegetativo tuvo en promedio 514.5 y 411.8 lum·sqm⁻², para el

primer y segundo periodo respectivamente; y para crecimiento vegetativo con floración e inicio de fructificación 535.3 y 400.4 lum·sqm⁻² y, en la última etapa, un promedio mensual de 436.4 y 374.9 lum·sqm⁻² (Figura 4). En esa figura, también se observa una disminución de la radiación de marzo a junio de 2007, esto se debió a que las plantas crecieron a una altura de 2.7 m, por lo que los data loggers se encontraron cubiertos por el follaje. No obstante, la poda de rejuvenecimiento de la planta se llevó a cabo en ese momento para dar paso al segundo periodo de crecimiento y producción; incrementando con ello la disponibilidad de la radiación.

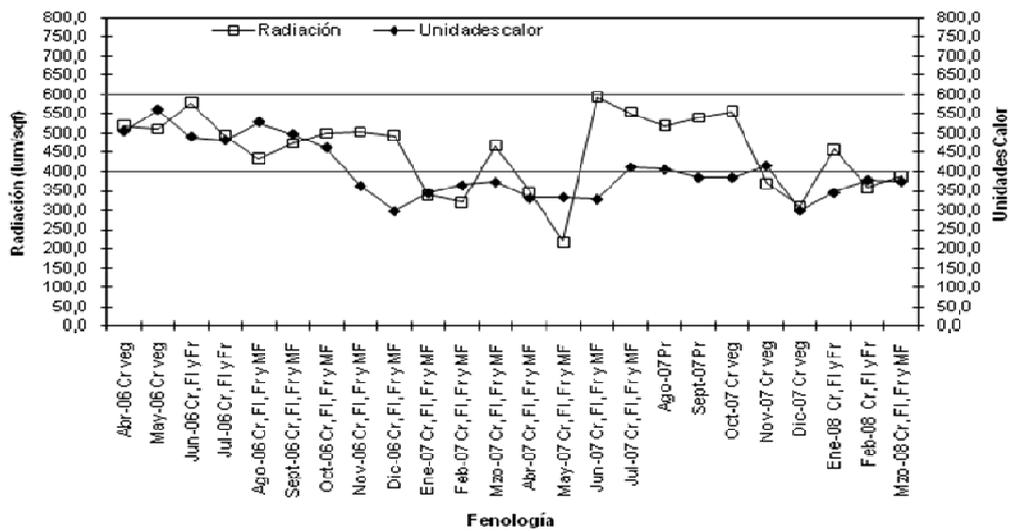


FIGURA 4. Radiación y unidades calor acumuladas en la etapas fenológicas de chile manzano en invernadero durante dos años consecutivos. Donde: Cv = crecimiento vegetativo; Cv, Fl, y Fr = crecimiento vegetativo, floración e inicio de fructificación; Cv, Fl, Fr; Mf = crecimiento vegetativo, floración, fructificación y maduración de frutos y Pr = poda de rejuvenecimiento. : Rango óptimo de radiación para chile manzano.

Temperatura, Humedad Relativa y presencia de plagas en la producción de chile manzano en invernadero

Las plagas que se presentaron en el invernadero fueron: Pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) y paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.).

Pulgón verde: *Myzus persicae* Sulzer (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

De acuerdo con Moret y Nadal (2007) en climas templados esta plaga puede alcanzar hasta 20 generaciones con un promedio de 10 a 12 días por cada una de ellas y de acuerdo con Cervantes *et. al.*, (2004) las temperaturas óptimas de desarrollo van de 20 a 25 °C y humedad relativa de 30 a 60 %. Bonnemaïson (1975) indicó que a temperaturas bajas (15 °C) la fecundidad se reduce y en condiciones de humedad relativas altas (90 %) los pulgones mueren antes de reproducirse.

En el invernadero de chile manzano, el pulgón verde apareció solamente en la sección tres, en dos periodos, durante los meses de abril a mayo de 2006 y de marzo a mayo de 2007. Periodos en que se tuvo temperatura y humedad relativa promedio de 20.4 °C y 52.6 %, y 17.9 °C y 64.9 %, respectivamente. Las temperaturas mínimas, medias y máximas de ambos periodos se muestran en la Figura 5, y se observa que la presencia del pulgón fue en rangos más amplios tanto de temperatura (4 a 40 °C) como de humedad relativa (26 a 95 %) en relación a los óptimos mencionados para el desarrollo de esta plaga por Cervantes *et. al.*, (2004). En contraste, no se presentó durante el otoño e invierno, lo que coincide con lo mencionado con Bonnemaïson (1975). Por lo tanto, la incidencia de esta plaga en el invernadero puede reducirse empleando nebulizadores para bajar la temperatura e incrementar la humedad relativa en los meses de marzo a

mayo. Además, se recomienda emplear trampas de color amarillo para monitoreo y control; depredadores como *Cycloneda sanguinea*, (Ciarla et. al., 2005), *Aphidoletes aphidimyza*, *Hippodamia convergens*, *Chrysoperla carnea*; y entomopatógenos como *Verticillium lecanii* y, *Entomophthora virulent*, así como extractos de ajo y neem. También es conveniente vigilar la hermeticidad del invernadero, el control de puertas de acceso y la desinfección de las herramientas. Este tipo de manejo es el necesario en un programa de buenas prácticas agrícolas para obtener frutos inocuos de chile manzano.

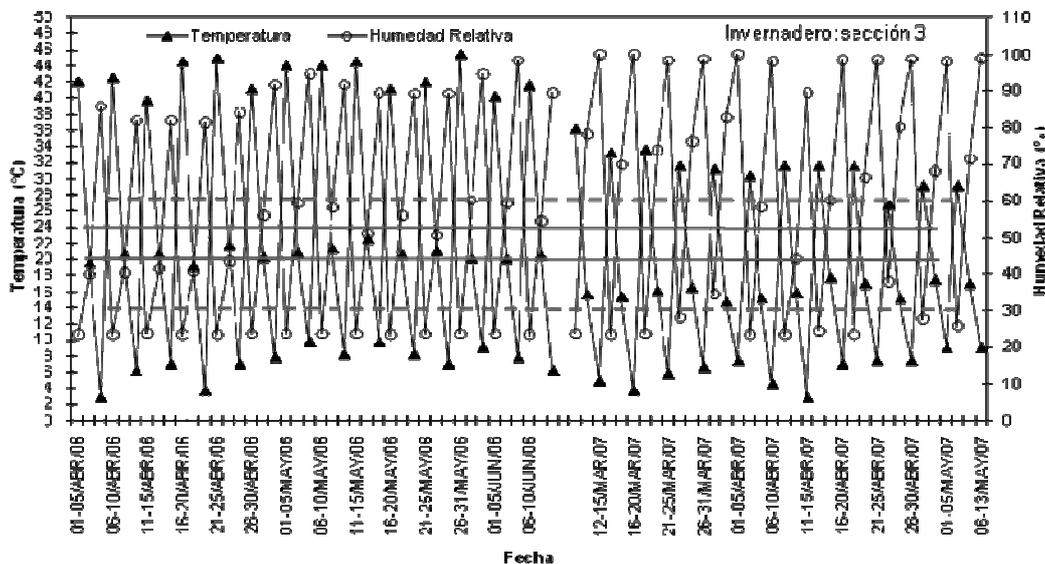


FIGURA 5. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia del Pulgón (*Mysus persicae* Sulzer) en la sección tres del invernadero de chile manzano en 2006 y 2007. — : intervalo óptimo de temperatura; □ : intervalo óptimo de humedad relativa.

Ácaro blanco: *Polyfagotarsonemus Latus* Banks (ACARI: TARSONEMIDAE)

Jones y Brown (1983), indican que las poblaciones de acaro blanco (araña cristalina) se incrementan a 20 °C y 90 % de H.R. Las temperaturas superiores a 30 °C junto con humedad relativa baja son letales al huevo y etapas ninfales;

aunque existe un intervalo de tolerancia desde los 14 °C y 30 % de humedad relativa.

En Chile manzano, el ácaro blanco apareció en la sección dos (centro) del invernadero en el periodo de septiembre a diciembre de 2006. La temperatura promedio prevaleciente fue de 16.3 °C y 72.7 % de humedad relativa, aunque se registraron temperaturas bajas, en periodos cortos (una hora) y humedad relativa hasta del 100 % (Figura 6). Además, la presencia de mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) en el invernadero contribuyó a su dispersión dado que existe una relación forética con el ácaro (Bautista *et al.*, 2005).

Los daños que causa esta plaga es la extracción de savia de la planta y detención del crecimiento por la transmisión de virus y fitotoxinas, lo cual causa deformación y detención del crecimiento de frutos, perdiendo su valor comercial. Por ello, deben emplearse extractores de aire húmedo para disminuir HR en los meses de septiembre a diciembre. También se puede aplicar extractos vegetales de ajo y neem, usar depredadores como *Neoseiulus cucumeris* que controla a *Polyphagotarsonemus latus* sobre pimientos morrones en invernadero (Phyllis *et al.*, 2003).

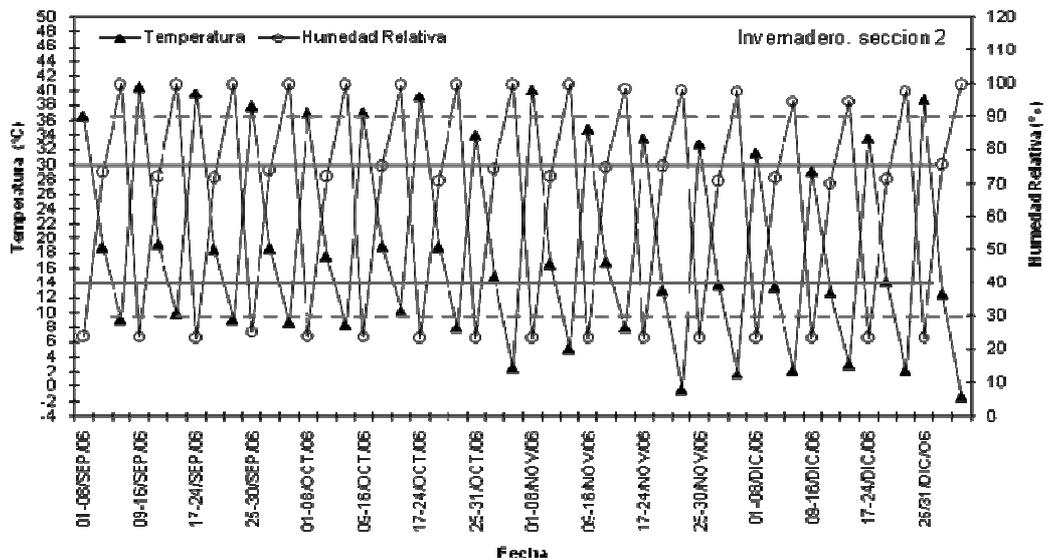


FIGURA 6. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia del Acaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks) en la seccion tres del invernadero de chile manzano en 2006. — : intervalo óptimo de temperatura; - - - : rango óptimo de humedad relativa.

Araña roja: *Tetranychus urticae* Koch (ACARI: TETRANYCHIDAE)

El ciclo biológico de *Tetranychus urticae* presenta huevecillos, ninfas, protoninfas, deutoninfa y adulto. Esos estadios tienen un amplio margen de condiciones ambientales, desde los 15 °C en que se desarrollan los huevecillos hasta los 35 °C para los adultos. La duración de incubación es de 2.5 días a 34 °C y de 20 días a 14 °C; el desarrollo postembrionario es de 4 días a 30 °C y 22 días a 14 °C; a finales de otoño, las hembras abandonan las hojas y se dirigen hacia los troncos y plantas bajas en busca de hendiduras en las cuales invernán. La pululación de estos ácaros se ve favorecida por temperatura alta y ambiente seco (Bonnemaison, 1975). Por tal condición, ésta plaga se presentó en la sección tres (sur) del invernadero durante dos periodos, de mayo a junio de 2006 con temperatura de 23.1 °C y humedad de 59 %, y de abril a junio de 2007 con temperatura promedio de 19.7 °C y 59 % de humedad relativa. En ambos periodos

se registraron temperaturas máximas de hasta 45.3 °C y humedades relativas bajas de 23.5 % (Figura 7); aunque por periodos cortos (una hora).

Los daños causados por araña roja en chile manzano se localizaron en las hojas tiernas de las plantas, en el haz y el envés, produciendo amarillamientos y defoliación. Las larvas, ninfas y adultos perforan las células de la hoja, y se alimentan de tejidos y savia por lo que dichas hojas se tornan amarillas (Cervantes *et al.*, 2004). El control de humedad relativa mediante sistemas de nebulización y la prevención de la diseminación de esta plaga a través de las buenas prácticas agrícolas es la alternativa en un marco de producción inocua. Por lo que se recomienda emplear depredadores, como *Neoseiulus californicus* (McGregor), *N. idaeus* Denmark y Muma y *Phytoseiulus persimilis*. Otros como *Amblyseius californicus* y *Feltiella acarisuga* (Escudero *et al.*, 2005).

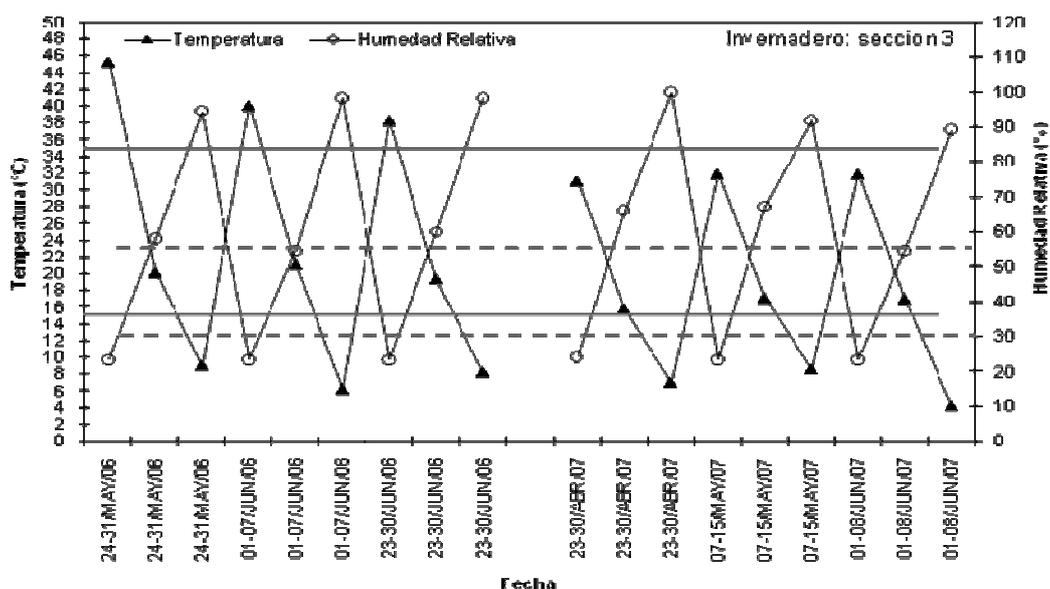


FIGURA 7. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en la seccion tres del invernadero de chile manzano en 2006 y 2007. —: intervalo óptimo de temperatura; □□ : intervalo óptimo de humedad relativa.

Mosquita blanca: *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (HOMOPTERA: ALEYRODIDAE)

El desarrollo de este insecto es continuo a lo largo del año, tanto en invernadero como en cultivos al aire libre. Su ciclo de vida dura en promedio 21 días en temperaturas promedio de 20 a 25 °C (Bautista, 2006). Los adultos, recubiertos de una cera blanca, se localizan fundamentalmente en el envés de las hojas y en los brotes jóvenes. Al alimentarse, tanto larvas como adultos, succionan la savia, y cuando el ataque es severo, las hojas se desecan y la planta se marchita, además, producen secreciones azucaradas que se transforman en sustrato para el desarrollo de hongos saprófitos, como la fumagina; logrando cubrir en forma parcial o total las hojas y frutos (Moret y Nadal, 2007). Ésta plaga en Chile manzano, apareció en la sección tres (sur) del invernadero, en los meses de mayo a agosto de 2006 y julio a agosto de 2007. En el primer periodo, el promedio de temperatura y humedad relativa fue de 22.8 °C y 60.6 % y, en el segundo de 18.7 °C y 62.8 % (Figura 9). Debido a que este insecto se puede presentar en un intervalo más amplio, se recomienda el uso de trampas de color amarillo para monitoreo y control, cuidar la hermeticidad del invernadero y emplear control biológico con parasitoides como *Encarsia Formosa*, *Erectmocerus eremmicus*; entomopatógenos como: *Beauveria bassiana*, *Verticilium lecanii* y *Entomophthora virulenta*.

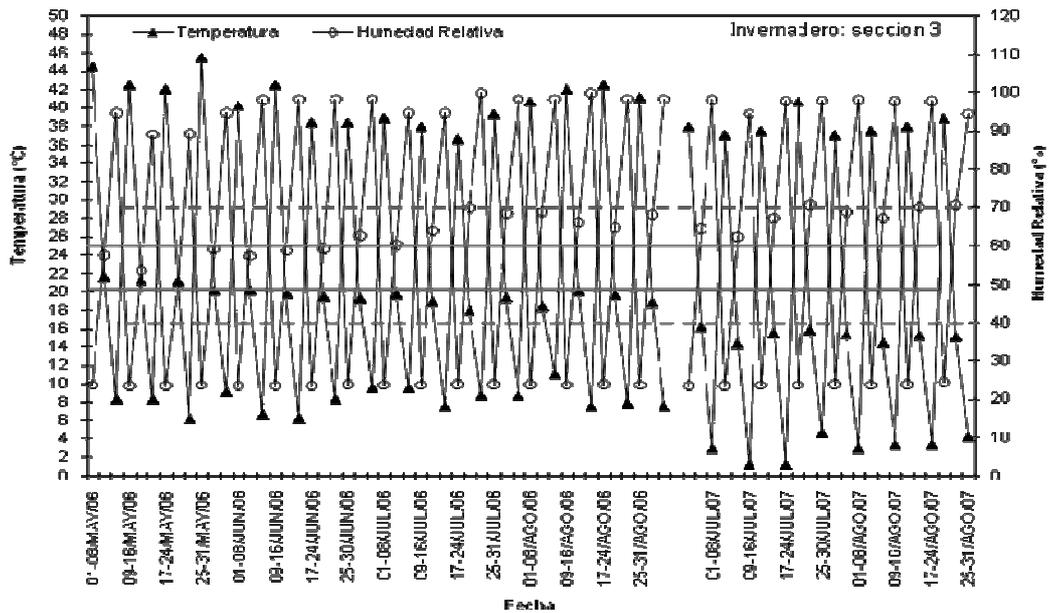


FIGURA 8. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) en la seccion tres del invernadero de chile manzano en 2006 y 2007. —: intervalo óptimo de temperatura; - - -: intervalo óptimo de humedad relativa.

Paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulc. (HOMOPTERA: PSYLLIDAE)

La paratrioza se desarrolla desde temperaturas de 17.5 °C a 20 °C, de huevecillo a adulto en un promedio de 20 a 28 días. La óptima para su desarrollo es de 26 °C y su ciclo de vida es de tres semanas. Los adultos se alimentan de brotes jóvenes de las plantas, el principal daño se le atribuye a su capacidad para transmitir el fitoplasma que ocasiona la enfermedad conocida como punta morada, mientras que en jitomate se le ha asociado con la transmisión del permanente del tomate. Los daños más severos son causados en papa y jitomate (Bautista, 2006). Es una plaga que se ha incrementado en la producción de hortalizas de fruto como el jitomate, bell pepper y ahora en chile manzano. La aparición de la paratrioza en la sección uno (norte) del invernadero fue en los meses de enero a marzo de 2008

(Figura 9) donde se presentó una temperatura promedio de 18.8 °C y humedad relativa de 67.3 % y los valores mínimos, medios y máximos se encuentran dentro del rango (7 a 39 °C y 50 a 70 %) de diseminación de esta plaga.

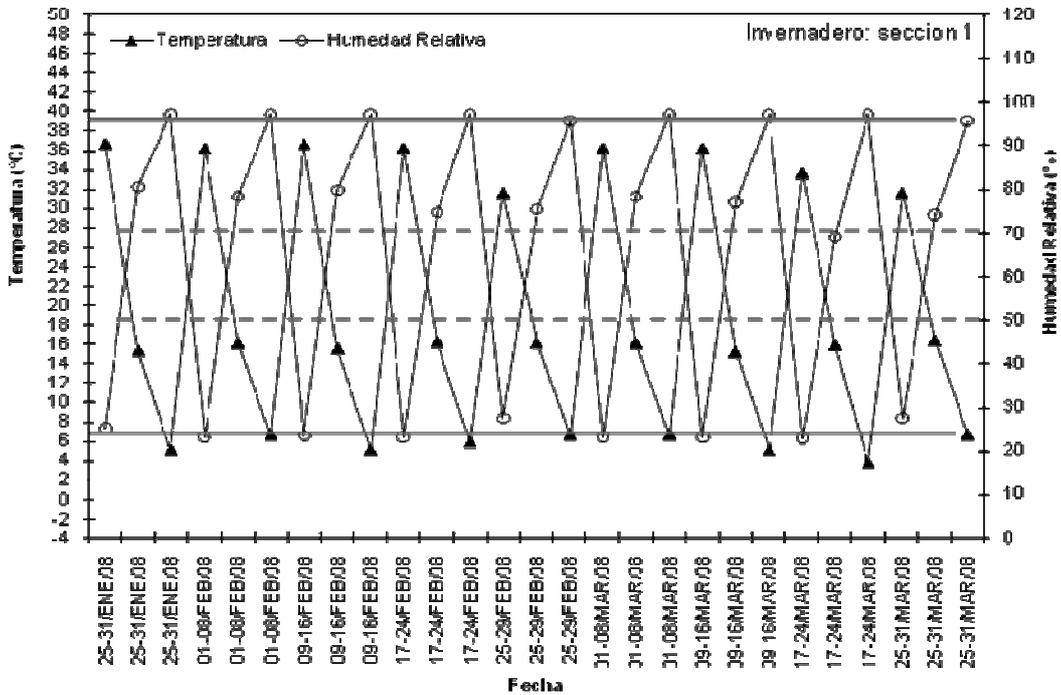


FIGURA 9. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en la seccion uno del invernadero de chile manzano en 2008. — : Intervalo óptimo de temperatura; - - - : intervalo óptimo de humedad relativa.

También se presentó en las plantas de la sección dos (centro) del invernadero (Figura 10), y se manifestó en los meses de febrero a marzo de 2008, en los que el promedio de temperatura y humedad relativa fue de 18.7 °C y 66.7 %.

Para el control de ésta plaga se incluyen actividades como la colocación de trampas de color amarillo o naranja dentro y fuera del invernadero, deshoje de plantas y eliminación de ramas infestadas, utilización de parasitoides como *Tamarixia triozae*, algunos depredadores como *Hippodamia convergens*, *Engytatus spp.*, *Chrysoperla spp.* y entomopatógenos como *Beauveria bassiana*, *Verticillium lecanii*, y *Entomophthora virulenta*.

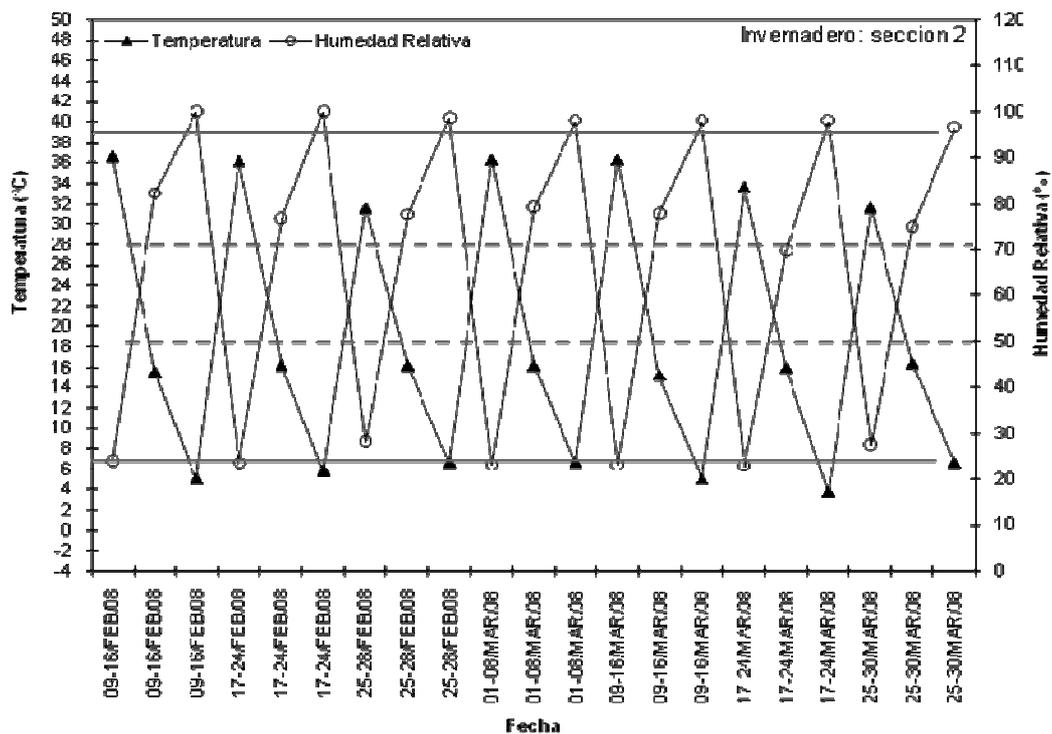


FIGURA 10. Temperatura y humedad relativa máxima, media y mínima durante el periodo de incidencia de Paratryopa (*Bactericera cockerelli* Sulc.) en la seccion dos del invernadero de chile manzano en 2008. —: intervalo óptimo de temperatura; - - - : intervalo óptimo de humedad relativa.

CONCLUSIONES

Para el cultivo de chile manzano en invernadero, el intervalo óptimo de temperatura, humedad relativa y radiación es de 15 a 22 °C, 60 a 80 % y 400 a 600 lum·sqf⁻¹, respectivamente. La temperatura, humedad relativa y radiación promedio en el invernadero fue de 16.5 °C, 67.5 % y 450.5 lum·sqf⁻¹. Los valores críticos para el cultivo fueron temperaturas mayores a 30 °C y menores a 2 °C y humedad relativa superior a 80 % e inferior a 40 %, con periodos continuos de por lo menos tres horas.

Las plagas fueron pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) en el ciclo primavera-verano, en los meses de abril a agosto de 2006 y 2007; el ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks) en el ciclo otoño-invierno (septiembre a diciembre de 2006) y la paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.) de noviembre a diciembre del año 2007 y en primavera-verano de 2008. Para su control es necesario el uso de sistema de nebulización para incrementar humedad relativa y disminuir temperatura en la épocas más cálidas, emplear extractores de humedad ambiental en periodos con temperaturas bajas y humedades relativas altas, prácticas culturales (deshoje y poda de ramas), empleo de depredadores, parasitoides, entomopatógenos y extractos vegetales.

LITERATURA CITADA

BAUTISTA, L.; ARNAL, E.; APONTE, O. 2005. Relación forética de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) y adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Entomotropica* 20(1): 79-80.

BAUTISTA, M. N. 2006. Insectos Plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Mexico. 113 p.

BONNEMAISON, L. 1975. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Ediciones de occidente. Barcelona, España.

CASTAÑEDA M., R.; VENTURA, R. E. JR.; PENICHE, V. R.; HERRERA, R. G. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3): 317-335.

CERVANTES M, J.F.; LOMELÍ F., J.R.; PEÑA M., R.; TERRÓN S., R.A.; RODRIGUEZ N., S. 2004. Bioecología de ácaros y áfidos de importancia agrícola en México. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D.F. 203 p.

CIARLA M. V.; MAREGGIANI, G.; HEIT, G.; PUHL, L. 2005. *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) and *Capsicum annuum* (Solanaceae) volatiles: their effect on predators attraction. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31: 503-507.

ESCUADERO L.A.; BALDO-GOSALVEZ, M.; FERRAGUT, F. 2005. Eficacia de los fitoseidos como depredadores de las arañas rojas de cultivos hortícolas *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii*, *T. ludeni* y *T. evansi* (Acari: Tetranychidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, 31: 377-383.

JONES, V. P; BROWN, R. D. 1983. Reproductive responses of the broad mite, *Polyphagotarsonemus Latus* (Acari: Tarsonemidae), to constant temperature-humidity regimes. Annals of the Entomological Society of America. 76:466-469.

MORET, A.; NADAL, M. 2007. Insectos Perjudiciales y beneficiosos para la agricultura. Ed. Omega.

NOBEL, P. S. 1991. Physicochemical and environmental plant physiology. Academic Press Inc. 632 p.

PÉREZ G., M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. Journal American For Horticultural Science. 129(1):88-92.

PHYLLIS G., W.; KLEITMANA, A. S.; MORIA, R.; SHAPIRAB, N.; PALEVSKYC, E. 2003. Control del ácaro (*Polyphagotarsonemus latus* (Bancos)) sobre pimientos morrones de invernadero orgánicos (*Capsicum annum* L.) con el ácaro predador, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans). Biological Control. 27(3): 300-309.

SERVICIO DE INFORMACION AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION. (SIAP-SAGARPA). 2007. Retos y perspectivas para los pequeños productores mexicanos ante la apertura comercial. Horticultura protegida (diagnostico).

SNYDER R., L. 1985. Hand calculating degree days. Agric. For. Meteorol. 35: 353-358.

VILLA C., M.; CATALÁN V., E.; INZUNZA I., M. 2005. Análisis de información climática para usos agrícolas. Revista AGROFAZ. 5(1): 718-724.

CAPÍTULO 2

EFFECTO DE EMPAQUES Y TEMPERATURAS EN EL ALMACENAMIENTO DE CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón)

EFFECTO DE EMPAQUES Y TEMPERATURAS EN EL ALMACENAMIENTO DE CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón)

RESUMEN

Se estudió el efecto de tres empaques y tres temperaturas de almacenamiento en frutos de chile manzano variedad puebla cultivados en invernadero, sobre su calidad y vida de anaquel, bajo el supuesto de que los empaques y las temperaturas bajas mantienen por más tiempo las características físicas y químicas postcosecha. Se emplearon 324 frutos en un diseño factorial 3x3 con tres repeticiones; la unidad experimental fue el empaque con tres frutos y se realizaron seis evaluaciones en un periodo de seis semanas después de la cosecha. Los resultados mostraron que los chiles expuestos en la charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada tuvieron efecto positivo sobre la calidad postcosecha de los frutos, y el almacenamiento a bajas temperaturas prolongó la vida de anaquel. La combinación de empaque con película plástica y temperaturas de almacenamiento a 12 y 5 °C mantuvieron la calidad de los frutos retrasando el cambio de color de verde a amarillo y presentar las menores pérdidas de peso, firmeza y contenido de ácido cítrico. La concentración de vitamina C en frutos no se vio afectado por el tipo de empaque o por las bajas temperaturas; sin embargo, el almacenamiento por más de 30 días favorece pérdidas de hasta un 40 %.

Palabras clave adicionales: empaque, firmeza, vitamina C, color del fruto, ácido cítrico, vida de anaquel.

PACKING AND POSTHARVEST STORAGE TEMPERATURES OF MANZANO HOT PEPPERS (*Capsicum pubescens* R & P)

ABSTRACT

The effect of three kinds of packing and three storage temperatures on “Puebla” variety Manzano hot pepper fruits obtained from plants cultivated under greenhouse conditions was studied. The quality and shelf life of the peppers were considered, under the assumption that modified atmospheres and low temperatures maintain the physical and chemical postharvest characteristics longer. A 3x3 factorial design with three repetitions on 324 fruits was used; the experimental unit was the packing of three fruits. Six evaluations were made during a period of six weeks after harvesting. The results showed that the Styrofoam tray with pliofilm and a laminated rigid tray had a positive effect on the postharvest quality of the fruits, and that storage at low temperatures prolonged shelf life. The combination of packing with plastic film and storage temperatures at 12 °C and 5 °C prolonged the quality of the fruits, delaying the change in color from green to yellow and resulting in minor loss in weight, firmness and citric acid. The vitamin C content of the fruits was not affected by the type of packing or low temperatures. Nevertheless, it is recommended that the peppers be consumed as soon as possible because after 30 days their values diminish up to 40 %.

Additional key words: modified atmospheres, firmness, vitamin C, fruit color, citric acid, shelf life.

INTRODUCCION

El chile manzano (*Capsicum pubescens* R y P) es originario de América del sur, de los Andes, y en México se le cultiva particularmente en las zonas altas, se le encuentra de 1700 a 2400 msnm. En los últimos diez años se ha observado un incremento en la demanda de este producto, lo cual ha motivado el desarrollo de sistemas de producción intensivo en invernadero para incrementar la cantidad y calidad del fruto (Pérez *et al.*, 2004).

Aun cuando se desarrollen nuevas tecnologías que mejoren la calidad de los productos, la manipulación inadecuada, el deterioro, y la falta de conocimiento e inversión en postcosecha, entre otras, hacen que muchos productos no lleguen a su destino final provocando con esto pérdidas a los productores, comercializadores y en ocasiones a los consumidores. El chile manzano no es la excepción, pues el fruto sufre pérdidas causadas por cambios fisiológicos normales que se intensifican cuando intervienen condiciones que aceleran el proceso natural de deterioro, como temperaturas elevadas, baja humedad atmosférica y daños físicos, los cuales pueden causar sabores desagradables (Wills *et al.*, 1998). Kays y Paul (2004) mencionan que aunque no es posible eliminar las pérdidas postcosecha, estas se pueden reducir si se conoce bien la naturaleza del producto cosechado y el uso de tecnologías apropiadas para mantener la calidad por más tiempo. Las técnicas postcosecha desarrolladas incluyen la inmersión en agua caliente, coberturas plásticas y tratamientos químicos. El uso combinado de bajas temperaturas y de atmósfera modificada facilita el almacenamiento de frutas y hortalizas, permitiendo mantener la calidad comercial por más tiempo (Monaco *et al.*, 2005). La técnica del envasado en atmósfera modificada (EAM) contempla cuatro componentes básicos: el envase empleado, la mezcla de gases, los materiales de envase y los equipos de envasado; todos ellos condicionados debido a la naturaleza del producto a envasar. La composición normal del aire utilizado en el EAM es de 21 % de oxígeno, 78 % de nitrógeno y menos de 0.1 % de dióxido de carbono. El CO₂ es un gas altamente soluble en agua y con propiedades bacterioestáticas y

fungiestáticas, lo que retarda el crecimiento de hongos y bacterias aeróbicas. Por ello, para efectuar el EAM debe seleccionarse una película polimérica con características de permeabilidad adecuadas. El empleo de películas de diferente permeabilidad dará lugar a la formación de atmósfera de equilibrio distinto y por tanto la evolución de los frutos también será diferente (Varios, 1996). Por lo que se planteó conocer el efecto de algunos tipos de empaque y envolturas plásticas y de bajas temperaturas sobre las características, físicas y químicas, postcosecha del fruto de chile manzano producido en condiciones de invernadero, con el propósito de buscar un efecto positivo en la calidad postcosecha de los frutos y el almacenamiento a bajas temperaturas prolongan la vida de anaquel.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon 324 frutos de chile manzano variedad Puebla producidos en plantas cultivadas durante siete meses bajo condiciones de invernadero. Se empleó un sistema de fertirrigación; solución nutritiva balanceada; cubierta de plástico blanco lechoso, al 50 % de sombra; bolsas de polietileno blanco calibre 600; tezontle rojo como sustrato; sistema de nebulización y sistema de tutoreo. Las condiciones promedio en el invernadero fueron: temperatura entre 18 a 22 °C, radiación de 550 $\mu\text{moles por m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, y 70 % de humedad relativa. Los frutos seleccionados para el estudio se caracterizaron por estar libres de defectos o daños aparentes, grandes (120 gramos cada uno), uniformes en tamaño, de forma cuadrada, con el mismo grado de madurez (72 días después de la polinización) y de color amarillo ($\frac{3}{4}$) - verde ($\frac{1}{4}$). Se lavaron y desinfectaron con el fungicida Benlate® (100 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) durante 5 minutos, y se dejaron secar para ser colocados, tres de ellos, en cada uno de los empaques siguientes: charola de unigel sin cubierta, charola de unigel más pliofilm y charola rígida plastificada cerrada, los cuales se colocaron a 20 °C (temperatura ambiente), 12 °C y 5 °C. Se empleó el diseño factorial 3x3 con dos factores (factor temperaturas con tres niveles y factor empaque con tres niveles) y tres repeticiones para las variables: acidez titulable, vitamina C, carotenos y pérdida de peso, y seis para firmeza, cromaticidad, ángulo de matriz ($^{\circ}\text{Hue}$) y

luminosidad. La unidad experimental fue el tipo de empaque con tres frutos y las evaluaciones se realizaron cada ocho días hasta completar seis en un periodo de 48 días después de la cosecha.

La acidez titulable (como % de ácido cítrico) se determinó por el método de AOAC (1998) donde 10 gramos de pulpa de frutos por charola se homogenizaron en una licuadora comercial Osterizer con 50 ml de agua destilada. El extracto se filtró y se tomaron alícuotas de 10 ml y se adicionó NaOH 0.01 N hasta lograr la neutralización. El porcentaje de acidez titulable se expresó como % de ácido cítrico.

La concentración de vitamina C se determinó con base en el método del 2, 6 diclorofenol indofenol (AOAC, 1998). Se tomaron tres muestras de 5 gramos de pulpa por tratamiento, se homogeneizaron con 50 ml de ácido oxálico. Una alícuota de 5 ml se tituló con la solución de Tillman hasta que el color rosa permaneció visible por un minuto. La cantidad de ácido ascórbico se calculó por referencia con soluciones de ácido ascórbico de concentración conocida y se reportó como $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

Para carotenos se empleó el método de Lichtenthaler (1987), un gramo de fruto se colocó en un mortero y se maceró con acetona al 80 %. Se filtró y se aforó a 10 ml con acetona, posteriormente se procedió a realizar las lecturas de absorbancia a 663, 646 y 470 nm en el espectrofotómetro (110 RS, Marca Unico ®). el contenido de carotenoides se reportó como $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

La pérdida de peso (%) se determinó cada ocho días con el peso del empaque y de los frutos y se relacionó con el peso al inicio del experimento, para ello se empleó una balanza digital marca Adam®.

La firmeza de los frutos se midió con un texturómetro digital (marca Mecmesin Inc.), equipado con un puntal de 8 mm de diámetro. Los valores obtenidos se presentan como la fuerza en kg necesaria para penetrar el tejido (Bourne, 1980).

Las evaluaciones del color de los frutos de chile manzano se realizaron con un colorímetro mediante el sistema Espacio de Color (Hunter L_{ab}) el cual utiliza las coordenadas L, a y b para localizar en un espacio tridimensional el color del producto. Los resultados se muestran como luminosidad (L), cromaticidad (croma) y Hue (Minolta, 1994).

Los datos de cada variable fueron procesados mediante análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con los paquetes estadísticos SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 8.0, SigmaStat (Versión 3.5) y SigmaPlot (Versión 10.0).

RESULTADOS

De acuerdo al ANOVA (datos no presentados) los diferentes empaques (charola de uncel sin cubierta, charola de uncel más pliofilm y charola rígida plastificada) afectaron la concentración de carotenos a los 8 y 48 días de muestreo; así como la pérdida de peso en todas las fechas evaluadas y la firmeza se vio afectada a los 16, 24, 32 y 40 días. Sin embargo, las variables acidez titulable, vitamina C y las de cambio de color del fruto no fueron modificadas.

Las temperaturas (20, 12 y 5 °C) de almacenamiento postcosecha aplicadas a los frutos tuvieron efecto significativo en todas las variables excepto en vitamina C. No obstante, los efectos no fueron significativos ($\alpha=0.05$) en todos los muestreos; para carotenos fue a los 8, 16 y 40 días; para contenido de ácido cítrico y cromaticidad del color de los frutos a los 8, 16 y 24 días; para ángulo de matriz ($^{\circ}$ Hue) y firmeza a los 24, 32 y 40 días, en tanto que para luminosidad a los 32 y 40 días.

La interacción temperatura y tipo de empaque (datos de ANOVA no presentados) afectó la pérdida de peso de los frutos desde los 8 hasta los 40 días de almacenamiento postcosecha.

Los coeficientes de variación de los datos analizados fueron menores a 15 % en las variables cromaticidad, °Hue, acidez titulable, luminosidad y pérdida de peso; y mayores a 20 % en carotenos, vitamina c y firmeza.

Acidez Titulable

Para las tres condiciones de almacenamiento se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable en frutos empacados de chile manzano va disminuyendo gradualmente hasta que llegan los frutos al final de su vida poscosecha (Figura 1). No se encontraron diferencias significativas dentro de los tratamientos de empaque analizados. Solamente bajo 12°C se encontró que el porcentaje de ácido cítrico a partir de 2 semanas después de cosechados los frutos de chile manzano hubo una disminución muy gradual, llegando a tener un valor en promedio de 0.032% de ácido cítrico para la semana 6 después de cosecha.

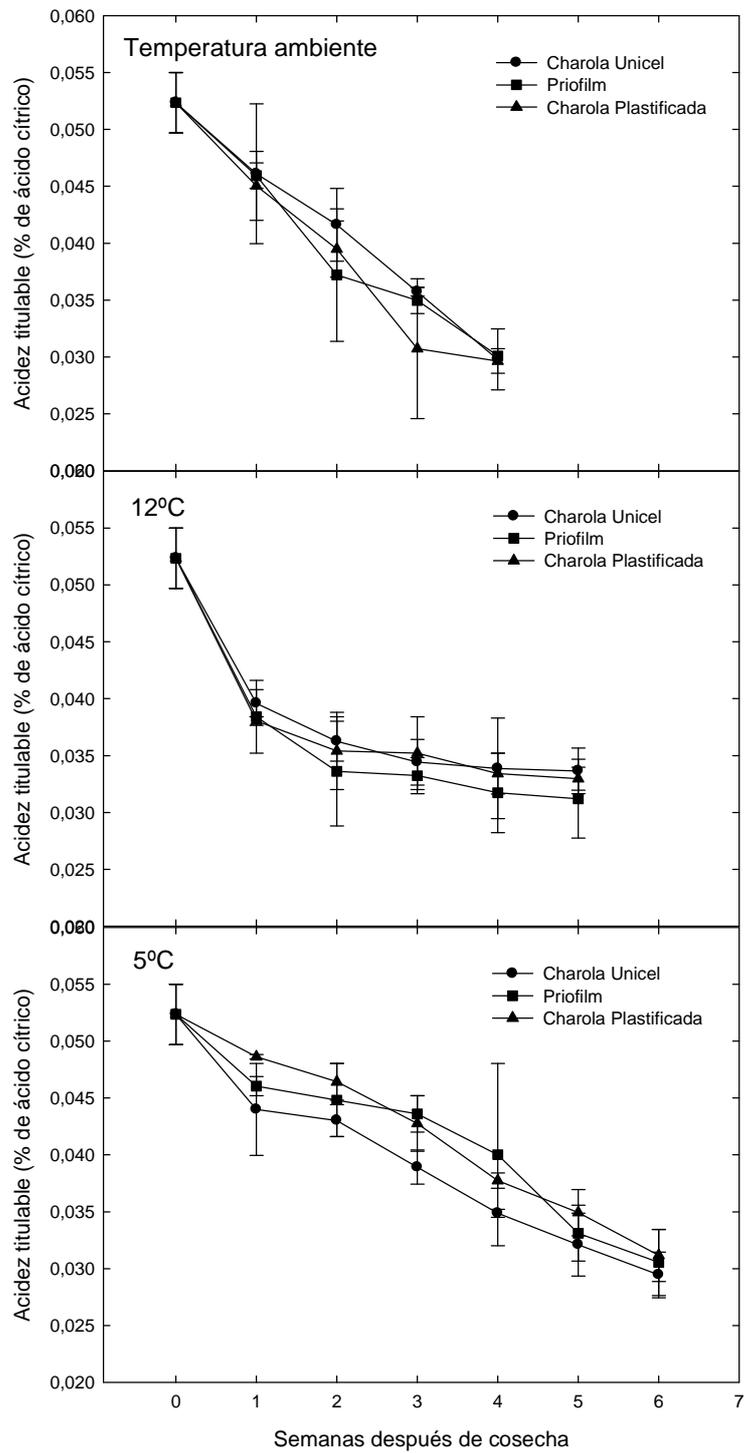


FIGURA 1. Acidez titulable en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Vitamina C

El comportamiento generado bajo las tres condiciones de almacenamiento estudiados en chile manzano con diferentes empaques fue similar dado que inicia aproximadamente con 2100 μg de vitamina C para posteriormente dar un pequeño incremento en su contenido y finalmente decrece hasta aproximadamente a 1600 μg de vitamina C (Figura 3). Entre tratamientos de empaques utilizados no se encontró diferencias significativas.

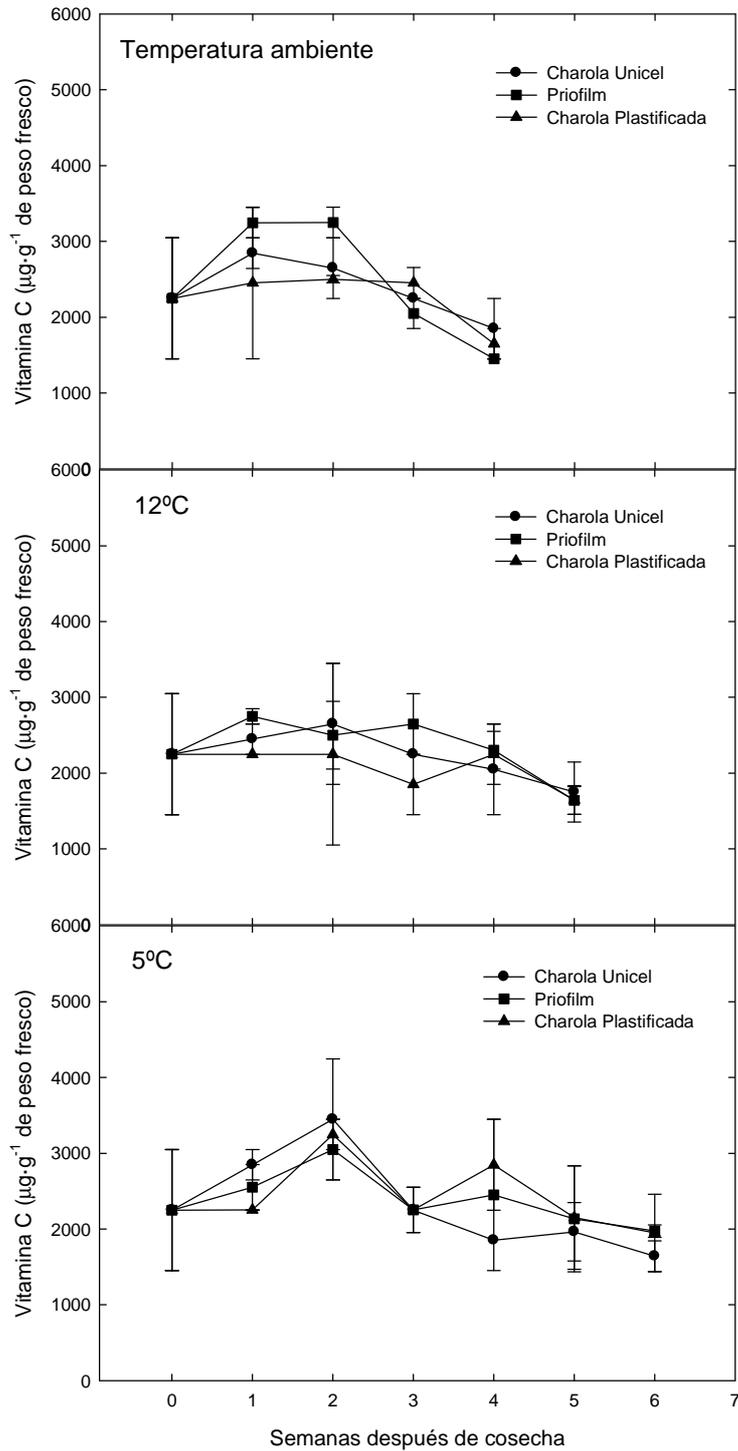


FIGURA 2. Contenido de vitamina C en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Pérdida de Peso

En el parámetro de Pérdida de peso se observa que bajo condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente, los frutos en charola plastificada tuvieron menos pérdida (11 %) en comparación con los frutos en prioilm (22 %) y charola uncel (42 %) al final del experimento, siendo estadísticamente diferentes todos entre si durante el presente estudio ($p=0.001$) (Figura 3). Por su parte el almacenamiento bajo 12 °C se comportó de manera similar a la temperatura de exposición a ambiente, en donde el empaque de frutos con prioilm siempre tuvo una menor pérdida de peso (5 %) seguido de charola plastificada (38 %) y finalmente el de mayor pérdida de peso fue charola uncel (48 %) al final del experimento. Por último al evaluar la temperatura de almacenamiento a 5 °C se observó que de igual manera el empaque con prioilm presentó menor pérdida de peso (1.4 %) seguido de charola plastificada (3.7 %) y finalmente la charola uncel (7 %), siendo estadísticamente diferentes los tratamientos ($p=0.001$). Bajo condiciones de almacenamiento a 12 °C y 5 °C se prolongó la vida de anaquel de los frutos (1 y 2 semana más, respectivamente) en comparación con la temperatura ambiente.

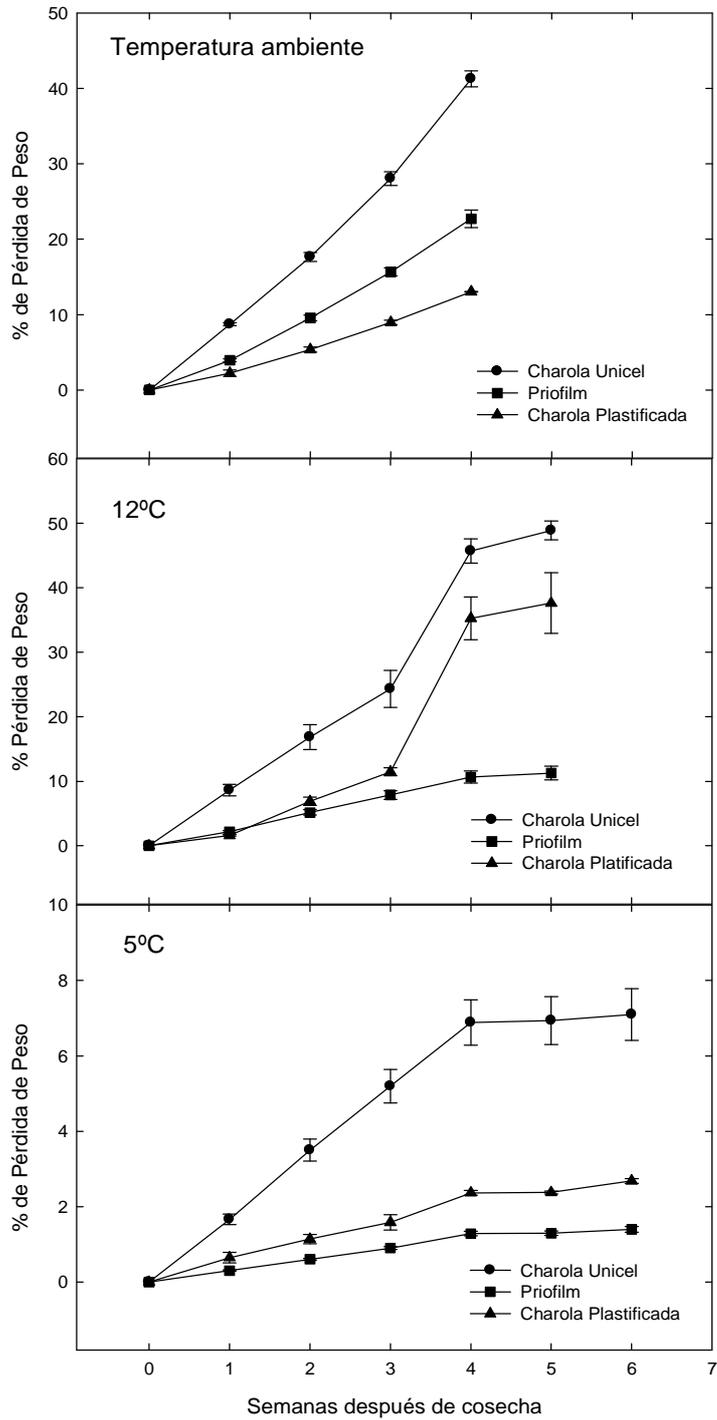


FIGURA 3. Pérdida de peso en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Firmeza

La pérdida de firmeza se presentó a la cuarta semana de exposición bajo condiciones de ambiente en los diversos empaques analizados, en donde de manera general no se presentó diferencia entre tratamientos siendo los frutos en charola de unicel ($1.8 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$) los que presentaron una menor pérdida de firmeza seguido de prioform ($2.6 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$) y charola plástica ($4 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$) al final de este estudio. Para las condiciones de almacenamiento a $12 \text{ }^{\circ}\text{C}$ se comportó de igual manera que la condición anterior con la diferencia que los frutos tuvieron una vida poscosecha de una semana más, en donde al final del experimento de manera general todos los empaques presentaron una pérdida de firmeza con un valor de $5 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$ sin encontrar diferencia significativa entre tratamientos ($p=0.87$). Finalmente el almacenamiento a $5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ presentó un vida de anaquel de 6 semanas (2 semanas más que bajo ambiente) donde al final del estudio los tratamientos no mostraron diferencias, con un valor promedio de $3.4 \text{ kg}\cdot\text{F}^{-1}$ (Figura 4).

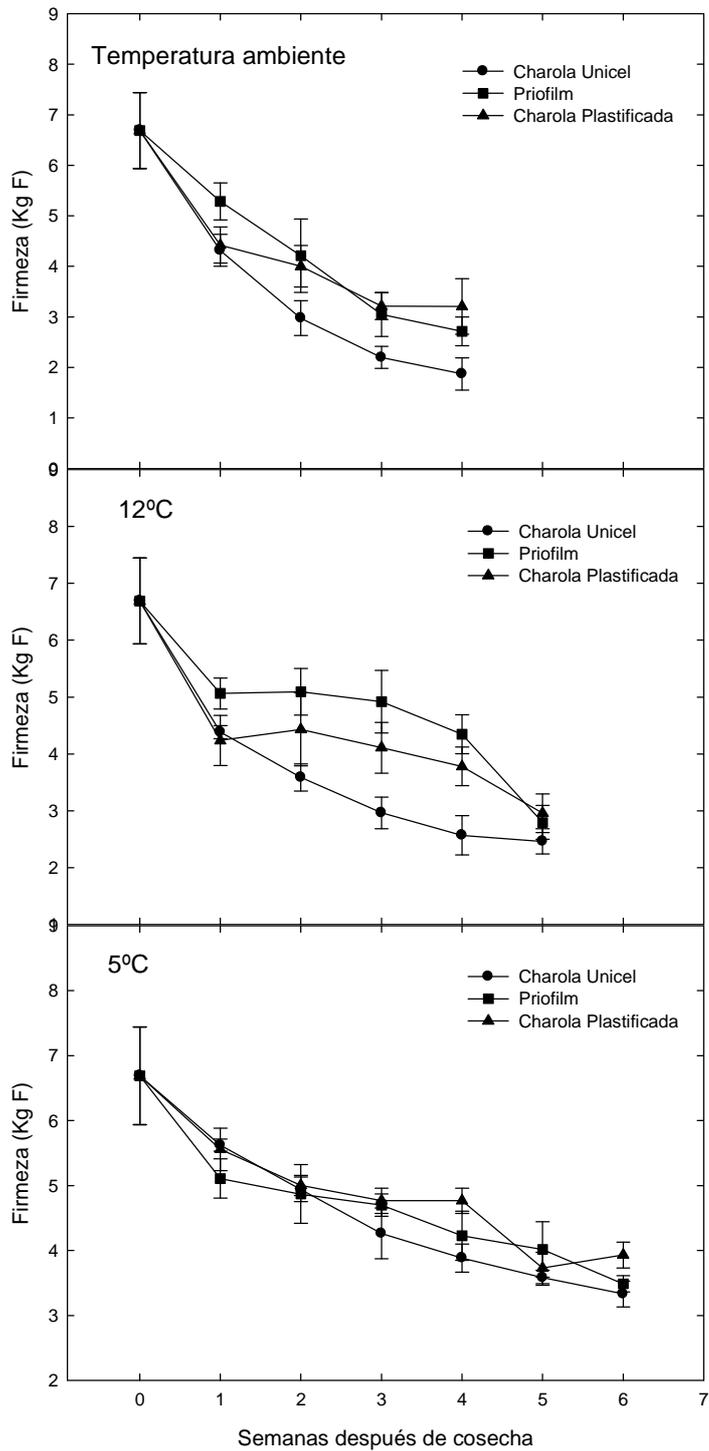


FIGURA 4. Firmeza en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Luminosidad

Bajo las tres condiciones de almacenamiento se observó que la luminosidad va en aumento, esto es debido que hay un cambio de un color verde (menos luminoso) a un color amarillo (más luminoso) conforme avanza el tiempo en donde a temperatura ambiente se logró más rápido esta condición de color que en comparación con las temperaturas de 12 °C y 5 °C. Dentro de cada temperatura no se encontró diferencia significativa alguna dentro de los empaques usados, solamente el efecto de la temperatura si ayudó a conservar por más tiempo la luminosidad de los frutos (Figura 5).

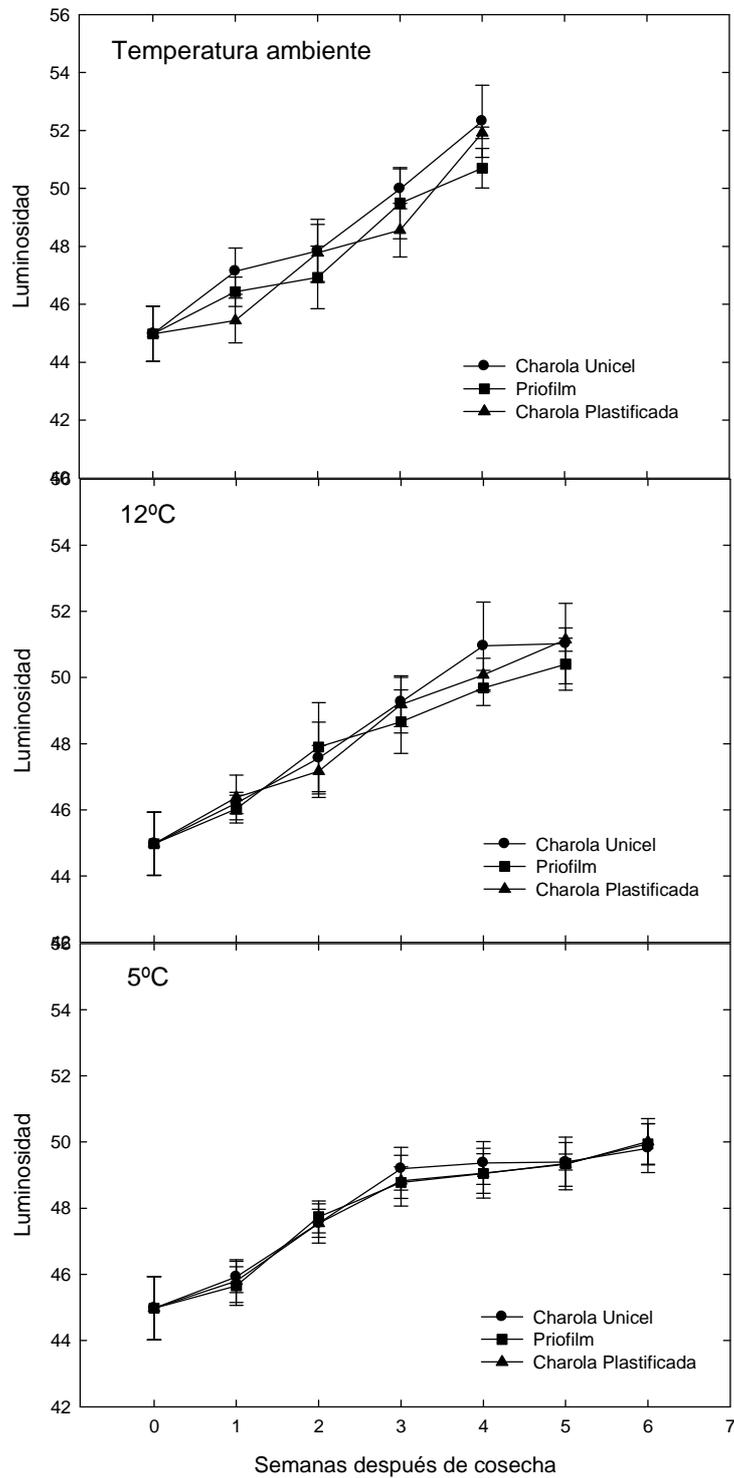


FIGURA 5. Luminosidad en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Cromaticidad

La cromaticidad tuvo una tendencia a incrementarse en las tres condiciones de almacenamiento, solo que en el ambiente se presentaron valores más altos y en menor tiempo que el resto de las temperaturas evaluadas. Bajo 5 °C la cromaticidad se mantuvo constante, mientras que en las demás este valor si se incrementó. Esto nos indica que bajo ambiente y 12 °C hubo un mayor cambio de verde a amarillo por lo tanto el color en ocasiones se muestra impuro, por el contrario se pudo observar que los valores de cromaticidad en 5 °C se mantienen para no dar paso tan rápido al color amarillo (Figura 6).

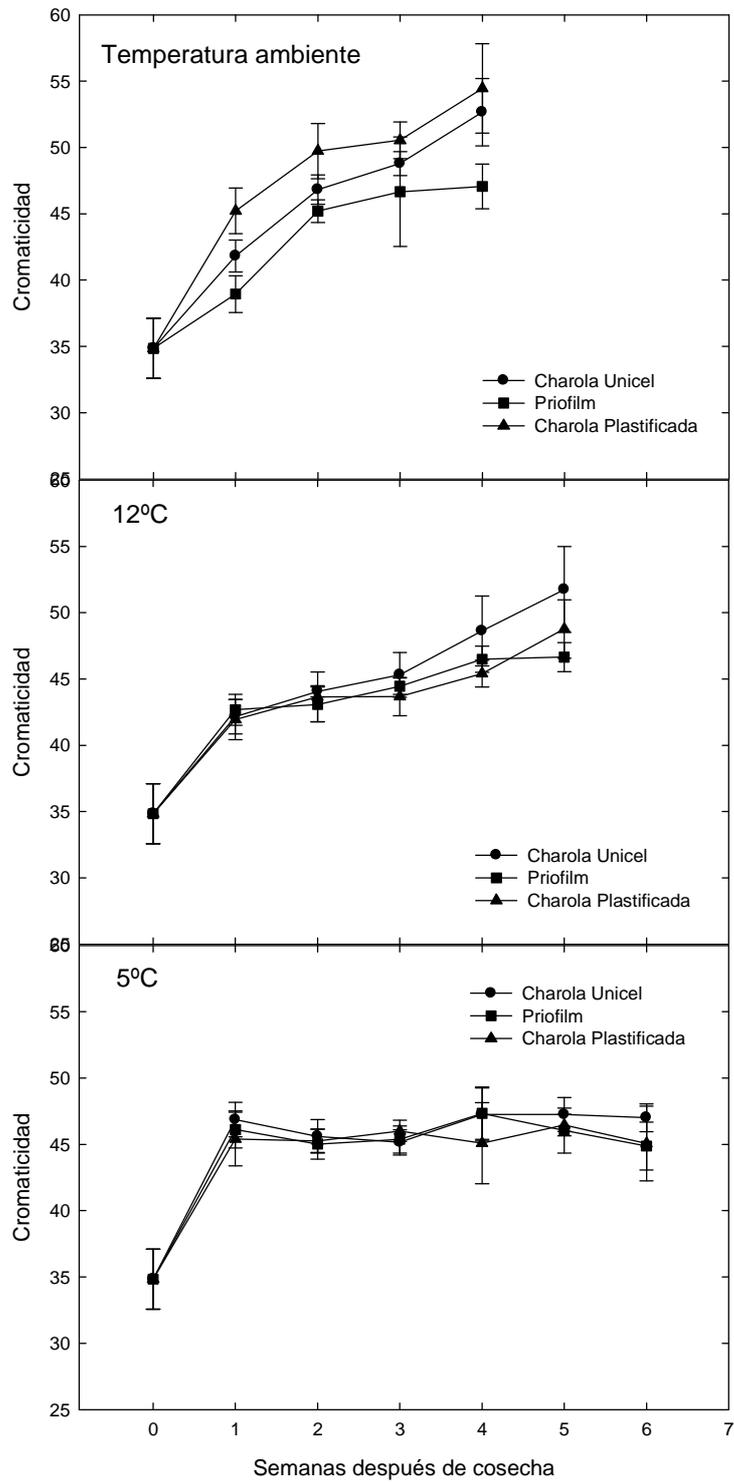


FIGURA 6. Cromaticidad en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

Ángulo de Matíz (°Hue)

Para las condiciones de temperatura ambiente y almacenamiento bajo 12 °C se ve claramente cómo va disminuyendo gradualmente el valor del ángulo de matiz (°Hue) solo que bajo la primera condición no llega totalmente a adquirir una coloración anaranjada mientras que en la segunda se logra a partir de la semana 5 después de cosecha, no mostrando diferencias entre los diferentes empaques. Mientras que bajo 5 °C el valor del °Hue se mantiene en promedio constante dada la condición de almacenamiento, sin importar el tipo de empaque usado (Figura 7).

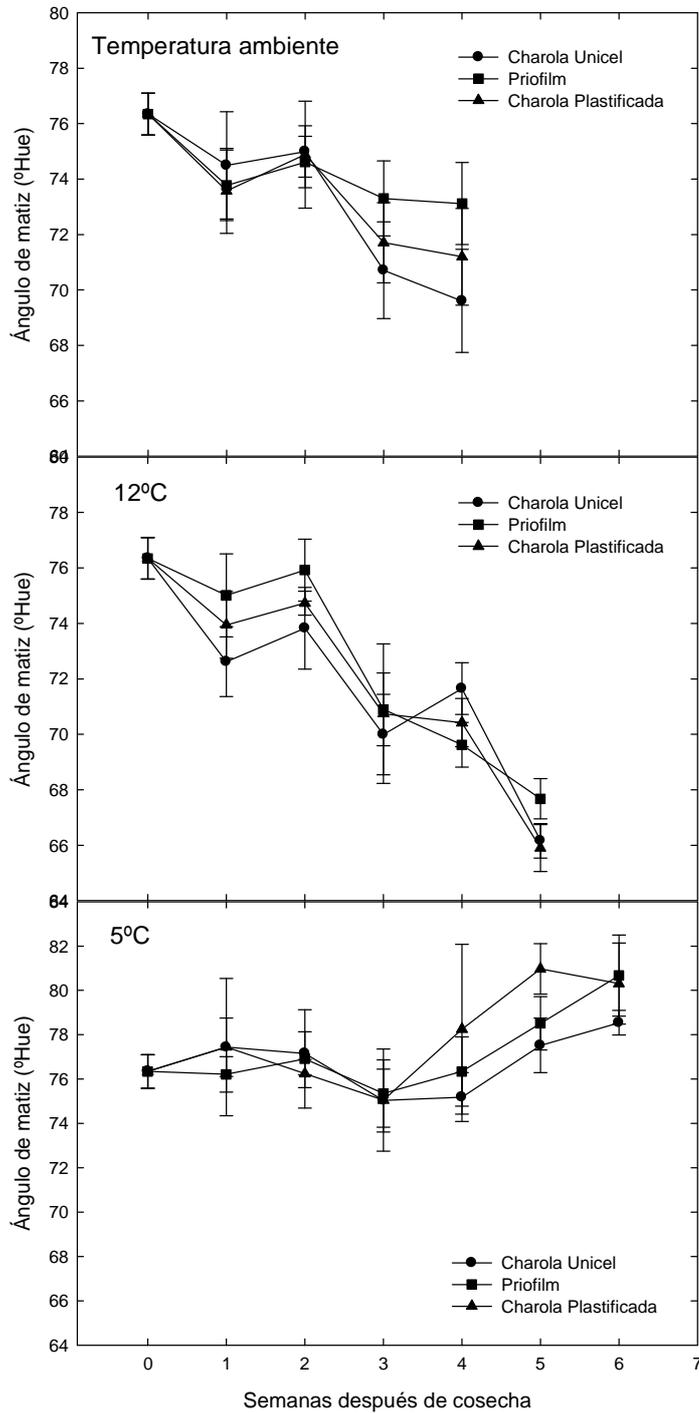


FIGURA 7. Ángulo de matiz en frutos de chile manzano bajo diferentes condiciones de almacenamiento y empaque.

DISCUSIÓN

En las tres condiciones de empaque y las tres condiciones de temperatura evaluadas, en el presente estudio, se puede apreciar que el porcentaje de acidez titulable en frutos de chile manzano disminuyó gradualmente hasta el final de su vida postcosecha. Lo anterior coincide con Nunes *et al.* (1995) quienes mencionan que en el fruto de chile, durante el proceso de maduración a senescencia, ocurre una disminución en ácidos orgánicos y fenólicos lo que produce astringencia y acidez, lo cual le proporciona al fruto su sabor característico.

Las concentraciones de vitamina C no se vieron afectadas de manera significativa por los empaques y temperaturas evaluadas, lo que coincide con Cruz *et al.* (2007) al mencionar que la síntesis y degradación de la vitamina C no se ve afectada por la temperatura de almacenamiento. No obstante, las concentraciones promedio de vitamina C ($2300 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco) al inicio de la evaluación de los frutos en la variedad Puebla contenía un 32 % más que al final de ella; lo que representa mayor valor nutricional para los consumidores de chile manzano. Además, los valores de contenido de vitamina C encontrados en la presente investigación son más de dos veces a los hallados por Siller *et al.* (2005) en Chile Morrón con $890 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ de peso fresco.

La calidad del fruto medido en función del porcentaje de pérdida de peso fue menor conforme aumentó el período de almacenamiento, sin embargo, bajo condiciones de empaque en charola de unicel más pliofilm las pérdidas fueron menores (Cuadro 1). También, se observó que la temperatura de almacenamiento a $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ayudan a conservar y prolongar la vida de anaquel, con menor pérdida de peso y firmeza de los frutos, sin causar daños por frío, lo cual coincide con Ben-Yehoshua (1987) y Bourne (1980) quienes indican que a temperaturas relativamente bajas como condición de almacenamiento, el potencial hídrico de los frutos se mantiene por más tiempo. Además, de acuerdo con Kehr (2002) el uso de embalaje sellado con películas plásticas es más beneficioso que el almacenaje en frío por sí solo, al retrasar el deterioro fisiológico de la fruta, debido a la modificación de las concentraciones de CO_2 , O_2 , y etileno, y que el mantenimiento

de la calidad en pimientos recubiertos con película plástica se debe al aumento de humedad, reducción de O₂ y acumulación de CO₂ dentro de la envoltura. En tanto que el almacenamiento a temperatura ambiente provocó un incremento en la producción de CO₂ y etileno del fruto, y con ello mayor susceptibilidad a enfermedades y permeabilidad de membranas celulares.

El cambio de color en los frutos de chile manzano en postcosecha puede explicarse por la menor actividad de las clorofilasas y por lo tanto menor cantidad de pigmento verde. En chile manzano, a temperatura de almacenamiento de 5 °C la actividad de las clorofilasas fue menor que a temperatura ambiente por lo que el cambio de color fue más lento (Minolta, 1994) y de acuerdo con Pantástico (1979), durante el proceso de maduración ocurre un cambio de cloroplastos a cromoplastos. Por lo que existe una síntesis mayor de carotenoides, de tal manera que la tendencia de estos compuestos es a incrementarse. De acuerdo con Méndez (2005) esos incrementos dependen del cultivar, del estado de madurez del fruto, de las condiciones de crecimiento de las plantas y del almacenamiento de los frutos. En chile manzano el tratamiento de postcosecha con charola de unigel más priofilm y almacenado a 5 °C fue el mejor al retrasar y conservar por más tiempo el color inicial de los frutos. Los frutos almacenados a temperatura ambiente (20 °C) sólo duraron 32 días con calidad aceptable y a 12 °C hasta 40 días, en tanto que a 5 °C conservaron su calidad más allá de los 48 días de evaluación y no se observaron daños por frío ni por hongos fitopatógenos.

CONCLUSIONES

Los empaques de charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada empleados en el presente estudio tuvieron efecto positivo sobre la calidad postcosecha de los frutos de chile manzano, y el almacenamiento a temperaturas bajas prolongó su vida de anaquel. La combinación de empaque con película plástica de pliofilm y temperaturas de almacenamiento a 12 y 5 °C prolonga la calidad de los frutos al retrasar el cambio de color de verde-amarillo y al obtenerse las menores pérdidas de peso, de firmeza y de ácido cítrico. El contenido de vitamina C no se vio afectada por el tipo de empaque o por temperaturas bajas durante el almacenamiento de los frutos, pero se recomienda consumirlos recién cosechados, porque después de seis semanas su contenido disminuye hasta un 40 %.

LITERATURA CITADA

- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. Association Official Analytical Chemist. Washington D.C.
- BEN-YEHOSHUA, S. 1987. Transpiration, water stress and gas exchange. pp. 113-170. *In: Postharvest Physiology of Vegetables*. WEICHMAN, J. (ed.) Marcel Dekker Inc. New York. USA.
- BOURNE M., C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. *HortScience* 15(1):51-57.
- CRUZ P., A.; GONZÁLEZ, H. V.; SOTO, H. R.; GUTIÉRREZ, E. A.; GARDEA, B. A.; PÉREZ, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. *Revista Agrociencia* 41:627-635.
- KAYS, S.J. y R.E. PAULL. 2004. *Postharvest Biology*. Exon Press, Athens, Ga. E.U.A. 568 p.
- KEHR M., Elizabeth. 2002. Susceptibilidad a daño por enfriamiento en postcosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. *Revista Agricultura Técnica*. 62(4):509-518.
- LICHTENTHALER, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, v.148, p.350-382.
- MENDEZ, T. V.; GONZÁLEZ, M. D.; GUTIERREZ, M. F. A. 2005. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares de chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, julio-diciembre, año/vol. 11, número 002.
- MINOLTA. 1994. *Caracterización Precisa del Color (Control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación)*. E.537205. Alemania. 1-21 pp.
- MONACO, E.; CHIESA, A.; TRINCHERO, G.; FRASCHINA, A. 2005. Selección de Películas Poliméricas para su empleo con lechuga en *Atmosfera Modificada*. INTA. Argentina. RIA; 34(1): 59-70.
- NUNES, M. C.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. AND SARGENT, S. A. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after

storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6(1): 17-28.

PANTASTICO, B. 1979. Fisiología de la posrecolección. Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Continental. México, DF. 663 p.

PÉREZ G., M.; GONZALEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Revista HortSciencie*. 129(1):88-92.

SILLER C., J.; BÁEZ S., M.; MUY-RANGEL, L.; CONTRERAS M., R.; CONTRERAS A., L. 2005. Carotenoids, ascorbic acid and other nutriments on red, yellow and orange bell pepper fruit grown under greenhouse conditions. *Proceedings of the Second World Pepper Convention*. Zacatecas, Zac., MEXICO. pp. 59-61.

VARIOS, 1996. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. *Atmósferas modificadas*. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 221 pp.

WILLS, R., B. MC GLASSON, D. GRAHAM Y D. JOYCE. 1998. *Introducción a la Fisiología y Manipulación Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales*. 2ª Edición. Edit. Acribia, S.A. España.

SIGMAPLOT for Windows version 10.0. 2006. SYSTAT Software Inc.

SIGMASTAT for Windows version 3.5. 2006. SYSTAT Software Inc.

SOFTWARE SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 8.0

CAPÍTULO 3
CALIDAD DE FRUTO Y MERCADO DEL CHILE MANZANO
(*Capsicum pubescens* R y P)

CALIDAD DE FRUTO Y MERCADO DEL CHILE MANZANO (*Capsicum pubescens* R y P)

RESUMEN

Con la finalidad de conocer los parámetros de calidad de frutos de chile manzano que se usan en los mercados nacionales, regionales, estatales y locales se describieron los más importantes en México y éstos fueron la central de abastos de Iztapalapa en el Distrito Federal; Central de abastos de Huixcolotla y Puebla; central de abastos de Ecatepec y Toluca en el Estado de México; central de abastos de Morelia y Zamora en Michoacán y se consideraron las regiones productoras de Michoacán, Puebla, y Estado de México. Los canales y agentes que participan en la comercialización son acaparadores locales, mayoristas de destino, medio mayoristas, detallistas y consumidores finales. También se encontró que los precios son variables a lo largo del año y que la calidad del producto está determinada por el sistema de producción del cultivo. El de campo abierto se caracteriza por obtener frutos con menor calidad, precio y vida de anaquel y el de invernadero con mayor calidad, precio y rendimiento. Además, también se comercializa en los centros comerciales de autoservicio donde emplean empaques plastificados y películas plásticas para obtener mayor vida de anaquel y los precios de este tipo de chile son elevados en estos centros de distribución. La calidad de los frutos se determina por el tamaño (grande 100 -120 gramos, mediano 60-80 gramos, y pequeños 20-40 gramos. Otros indicadores de la calidad del fruto son el color y la brillantez, la forma bien delimitada (cuadrada o tipo pera), libre de impurezas o daños físicos y la presentación en el empaque y embalaje.

PALABRAS CLAVE: Calidad de fruto, mercados, canales de comercialización, precios, *Capsicum pubescens*.

QUALITY OF FRUIT AND MARKET OF THE MANZANO PEPPER (*Capsicum pubescens* R and P)

ABSTRACT

So as to know the quality standards of the fruits of the manzano pepper used in the national, regional, state and local markets, the most important markets in Mexico were described and these were the Central Food depot of Mexico City, Central Food depot of Huixcolotla and Puebla, Central Food depot of Ecatepec and Toluca in the State of Mexico, Central Food depot of Morelia and Zamora in Michoacan and the production areas of Michoacan, Puebla and the State of Mexico were taken into account. The channels and agents that participate in the commercialization are local collectors, destiny wholesalers, medium-size wholesalers, retailers and final consumers. It was also found that the prices vary throughout the year and that the quality of the product is a result of the crop production system. The one grown in the open field is marked for getting less quality products, price and shelf-life; meanwhile, the one grown in greenhouses has better quality, price and output. In addition, it is sold in supermarkets, where the plasticized packages and plasticized films are used so as to reach a longer shelf-life, and the prices of this sort of pepper are elevated in this type of distribution centers. The quality of the fruits is given by their size (big 100 – 120 grams, medium-size 60-80 grams and small-size 20-40 grams). Some other indicators of the quality of the fruit era size, shininess, the well determined shape (cube- like or as a pear), impurity-free or physical damages and the presentation of the packaging and packing.

Additional key words: Fruit quality, markets, commercialization channels, prices, *Capsicum pubescens*.

INTRODUCCIÓN

La producción de alimentos para la población requiere de tiempos e inversiones cuantiosas, y aun cuando se produjera para consumo familiar, este conlleva un gasto, sin embargo, en términos comerciales, el productor pasa a formar parte de una economía de mercado, pues requiere de vender su producción a los mejores precios posibles.

No obstante, la manipulación inadecuada, el deterioro, las plagas, enfermedades, así como la falta de conocimientos hacen que los productos perecederos pierdan calidad y en ocasiones no lleguen a su destino final, provocando con ello pérdidas a los productores y consumidores.

La calidad de cualquier producto en los mercados es múltiple y diversa, pues los aspectos de sistemas de producción, incidencia de plagas y enfermedades, volúmenes de producción, aspectos postcosecha (Flor *et al.*, 2007) y los factores de gustos y preferencias son los que determinan la oferta, demanda y precios de los productos en los mercados.

El mercado de las frutas y hortalizas en México ha sufrido múltiples cambios en las últimas décadas. Los productores tienen que enfrentarse a grandes acaparadores del mercado o intermediarios, los cuales abaratan el producto para los agricultores y los encarecen de manera exponencial a los consumidores.

En el caso de chile manzano en México, los estándares de calidad en los mercados no ha estado debidamente reglamentado y solo se ha basado en lineamientos de orden regional, establecidos por los principales compradores en los centros de consumo y distribución del país.

En la actualidad, la comercialización con altos niveles de calidad e inocuidad se está convirtiendo poco a poco en la clave del éxito del comercio tanto nacional como internacional (Avendaño *et al.*, 2006). Además, se tiene grupos de clasificación para la comercialización del chile manzano, como son el grupo de fruta fresca que se distribuye directamente a los puntos de consumo

representados por restaurantes gourmet. Los grupos de salsas, salsas de frutas, encurtidos y deshidratados (Sánchez y Romero, 2005).

En el país se han desarrollado diversos sistemas de producción encaminados a mejorar las condiciones de sanidad y calidad del chile manzano, principalmente los sistemas intensivos bajo condiciones de invernadero. No obstante, la producción sigue siendo en su mayoría de campo abierto asociado con árboles frutales y pinos. Espinosa y Villa (2008) mencionan que los estados productores de chile manzano en México son Michoacán, Estado de México, Puebla y Veracruz, donde las condiciones de producción son favorables y también en Chiapas y Oaxaca en menor escala.

Los aspectos antes mencionados influyen en la calidad y mercado del chile manzano en México y el presente estudio describe los más importantes en México, los canales de comercialización, los estándares de calidad de los frutos y precios de este producto.

METODOLOGÍA

El estudio se llevó a cabo en los estados de Michoacán, Puebla, Estado de México y Distrito Federal, donde se localizan las regiones productoras y centro de comercialización de chile manzanos más importantes del país.

El método usado en la investigación fue descriptivo el cual consiste en identificar las características o funciones del mercado y, exploratorio, cuyo objetivo es proporcionar información y comprensión del problema que enfrenta el investigador, esta se utiliza en los casos en donde es necesario definir el problema con mayor precisión (Malhotra, 2008).

La fase de campo consistió en visitar y reconocer los principales centros de abastecimiento de chile manzano y localizar a los acaparadores y distribuidores de

este producto, así como reconocer a los diversos tipos de compradores y seguir el canal comercial hasta el consumidor final.

Además, se aplicaron encuestas (Cuadro 1) a los productores para conocer el sistema de producción que desarrollan, las prácticas agrícolas y de inocuidad que llevan a cabo, así como para conocer precios, tipos de empaque y calidad del producto.

CUADRO 1. Formato de encuesta aplicado en los mercados estudiados.

Mercado	Central de abastos de Puebla	Central de abastos de Huixcolotla	Central de abastos de Ecatepec	Central de abastos de Toluca	Central de abastos Iztapalapa	Central de abastos de Zamora	Central de abastos de Morelia
Número de encuesta							
Precio del producto							
Volumen de producto							
Tipo de vendedor							
Calidad (forma, tamaño, presentación)							
Tipo de intermediario							
Presentación							

NOTA: El número de encuestas aplicada en cada mercado estuvo definido por el número de locales existentes con chile manzano.

Con la información del Cuadro 1 se generó una base de datos de precios de chile manzano, los cuales se procesaron en el programa Excel versión 2007, y se elaboraron graficas de comportamiento de precios.

También se describieron los centros de consumo o mercados de acuerdo a la importancia económica y comercial, así como los canales comerciales más importantes. Esta descripción consistió en la localización del mercado, el tamaño y el número de los distribuidores de chile manzano, precios, presentación y empaque de los frutos, tipo de puesto de venta, las zonas de procedencia del producto y zonas de producción.

RESULTADOS

I. Principales mercados o centros de distribución y consumo de chile manzano.

1. Estado de México

De acuerdo con las encuestas realizadas y productores visitados en el Estado de México, los mercados con mayor distribución del chile manzano son la Central de abastos de Ecatepec y la Central de abastos de la ciudad de Toluca. En menor escala se encuentran los mercados locales de Texcoco, Coatepec Harinas, Tenancingo, Valle de Bravo y Villa Guerrero (Figura 1) los cuales distribuyen a los consumidores finales.

Los centros de distribución de frutos de chile manzano como la central de abastos de Ecatepec y Toluca presentan características similares, ya que venden frutos provenientes de campo abierto e invernadero. La calidad de cada uno de ellos tiene una relación directa con el precio, pues los de invernadero son más caros que los de campo. Aunque el comprador o consumidor final no tiene un poder adquisitivo que le permita comprar productos con precios más elevados.

En el Cuadro 2 se muestra los precios de frutos de chile manzano en la central de abasto de Ecatepec, central de Morelos, Edo. México, este mercado es principalmente de re-venta, debido a que la mayoría del producto es comprado en la Central de abastos de Iztapalapa en México D.F. y reexpedido a consumidores finales o intermediarios minoristas.

CUADRO 2. Calidad de frutos y precios de chile manzano en la Central de Abastos de Ecatepec de Morelos, Estado de México.

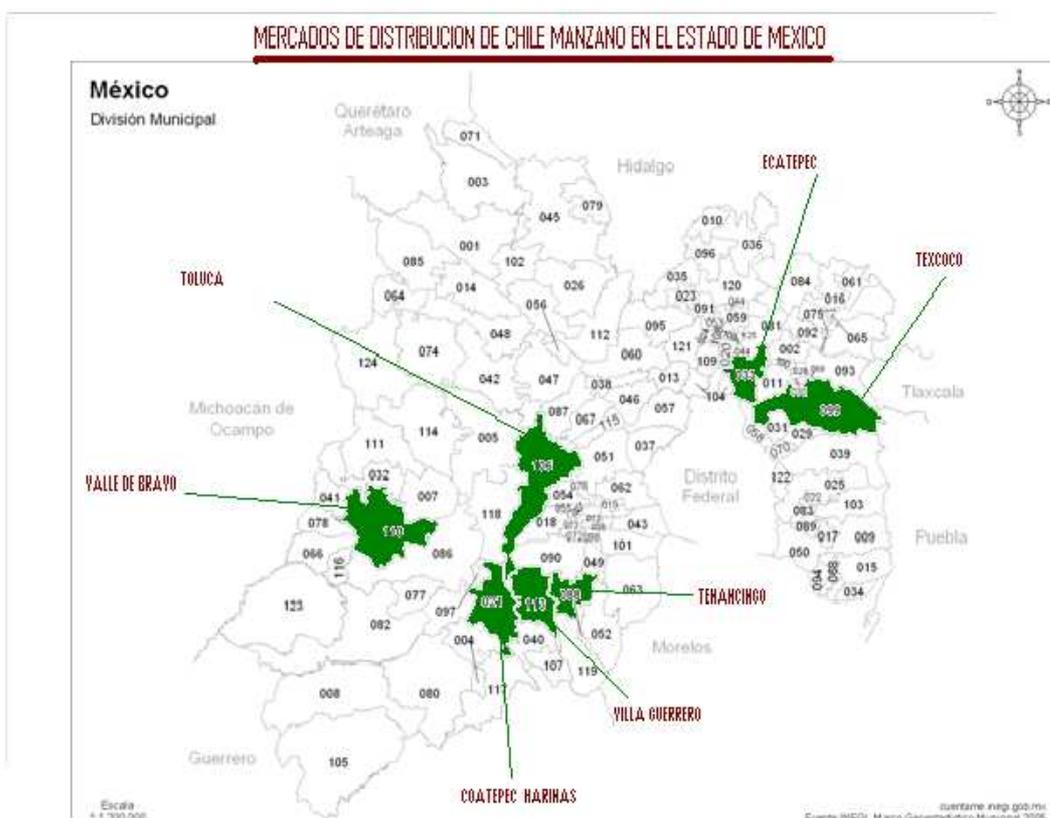
Número de Puestos	Calidad	Procedencia del producto	Tipo de producto	Precio promedio anual (\$/Kg)
1	Sin clasificar	Texcoco	Campo abierto	\$25.00
2	Grande Primera	Iztapalapa	Invernadero y campo abierto	\$30.00
3	Grande Primera	Texcoco e Iztapalapa	Campo abierto e invernadero	\$28.00
4	Sin clasificar	San Juan Teotihuacán	Campo abierto	\$25.00
5	Grande Primera	Iztapalapa	Invernadero	\$30.00

FUENTE: Elaboración propia.

Los mercados locales (Figura 1) presentan características similares en todos los casos, pues venden el producto (principalmente de campo) en pequeños puestos, con precios que varían de acuerdo a la época del año y la forma común de vender es en pequeños grupos de 4 a 5 frutos con valores que van desde \$5.00 a \$10.00 de acuerdo a la oferta y demanda.

Otra forma de distribución del chile manzano en el Estado de México, es a través de tiendas de autoservicios, esta ha cobrado cada vez mayor importancia. No obstante, que en esos centros de distribución los precios son altos (\$45.00 a

\$70.00 por kilogramo) una de las características importantes es que la presentación de los frutos es en charolas plásticas o bien en charolas de unicel con una película plástica, cuya finalidad es alargar la vida de anaquel y prolongar la calidad de los frutos.



FUENTE: Elaboración propia con información de www.mapasmexico.net

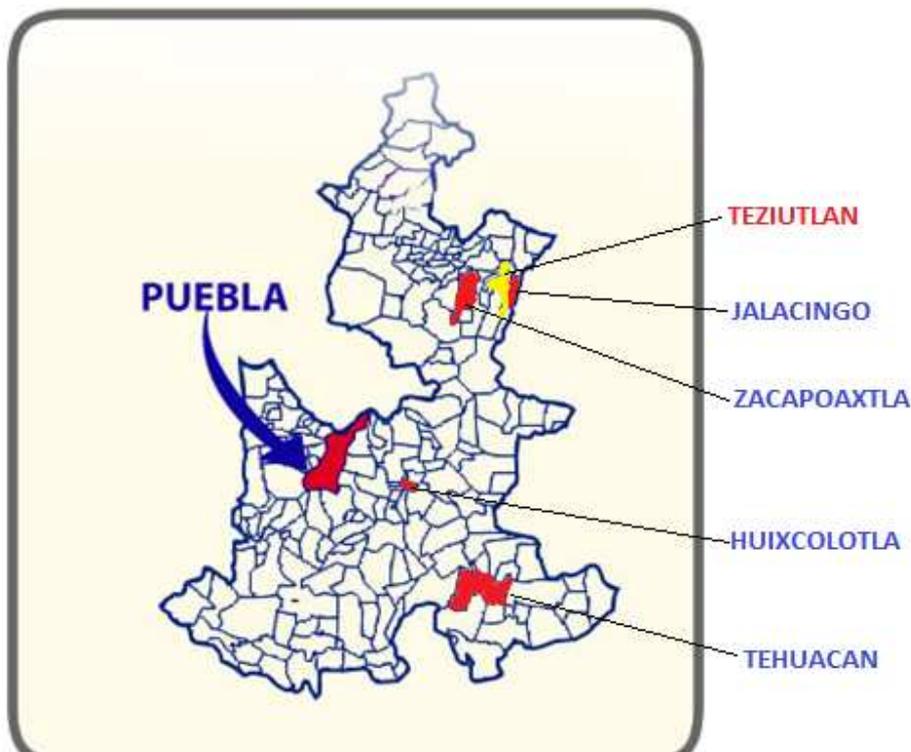
FIGURA 1. Municipios con producción y mercados de distribución de chile manzano en el Estado de México, 2009.

Por otra parte, la central de abastos de la ciudad de Toluca se sitúa como uno de los dos mercados del chile manzano más importantes del Estado de México, ya que en este lugar se comercializa el producto de los municipios de Coatepec Harinas, Tenancingo, Villa Guerrero y Valle de bravo. Además, estas poblaciones tienen un alto consumo de chile manzano.

2. Estado de Puebla

Las principales municipios de producción y abastecimiento de frutos de chile manzano en el estado de Puebla se encuentran localizadas en la sierra Norte y Sierra Negra del estado, pues es ahí donde se presentan las condiciones climáticas para su cultivo.

En la Figura 2 se muestra la ubicación de los municipios productores de chile manzano y ellos son: Sierra Norte (Teziutlán, Jalacingo, Zacapoaxtla); Sierra Negra (Tehuacán). Los mercados principales se encuentran ubicados en la ciudad de Puebla y en el municipio de Huixcolotla, este último se ha convertido en una central de abasto regional que se dedica en su mayoría a acaparar productos varios y revenderlos principalmente a los estados del Sur del país.



FUENTE: Elaboración propia con información de <http://www.connectionpuebla.com>

FIGURA 2. Ubicación de los municipios de producción y mercados de distribución del chile manzano en el Estado de Puebla.

El chile manzano que se compra en la Central de Abastos de Iztapalapa, con aproximadamente 300 kilogramos, son distribuidos en los diferentes puestos del mercado de Huixcolotla. Para ello, los frutos son transportados en cajas de madera con un aproximado de 15 a 20 kilogramos (Figura 3), y los frutos son pequeños y maltratados, es decir, de baja calidad.

En temporada donde hay poca producción (noviembre a enero) el precio alcanza \$30 o \$40 pesos por kilogramo y cuando es temporada de alta producción (abril a junio) el precio disminuye a \$8 ó \$10 por kilogramo.



FIGURA 3. Empaque de chile manzano para venta (cajas de madera 15 a 20 kilogramos) en la Central de abastos de Huixcolotla, Puebla, 2009.

Por otra parte, en el mercado de la ciudad de Puebla el proveedor de base es el poblado de Zacapoaxtla, el cual ofrece chile manzano de campo abierto y de invernadero (Figura 4). El producto de campo abierto alcanza precios bajos y la calidad del producto es menor que el de invernadero. Se distribuyen 300 kilogramos semanales y son distribuidos en un total de siete locales comerciales. En la mayoría de ellos mezclan los frutos de chile de invernadero con los de campo abierto y de esa manera obtienen un precio promedio que les permite mayor ganancia.

En temporada de alta producción (abril a junio) el precio disminuye a ocho o diez pesos por kilogramo, por el contrario cuando la oferta es menor (noviembre a enero) el precio se eleva hasta \$40.00 pesos por kilogramo.



FIGURA 4. Empaque de chile manzano para venta (cajas de madera 13 a 15 kilogramos) Central de Abastos de la Ciudad de Puebla. Abril, 2009. a) frutos producidos en invernadero y b) en campo abierto.

3. Distrito Federal

En el Distrito Federal se encuentra la central de abastos de Iztapalapa, en este mercado, el chile manzano proviene de todos los estados de producción del país, como Veracruz, Michoacán y Puebla (Cuadro 3). Los precios son variables y dependen de la época del año, aunque de manera general son bajos en relación a los demás mercados del país. Esto se debe a que a mayor cantidad ofertada los precios bajan. Además, la calidad de los frutos es baja y en su mayoría provienen de campo abierto.

En la Central de abastos de Iztapalapa se encuentra una cantidad abundante de intermediarios, desde los propios acaparadores locales, hasta los pequeños minoristas que se localizan en todos los mercados del Distrito Federal y establecimientos de comida.

CUADRO 3. Calidad de frutos, características y precios de chile manzano en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F.

Bodega	Procedencia	Cantidad comprada	Calidad	Precio (\$)	Presentación	Intermediario
Bodega 1	Puebla	Dos toneladas	Chico	5-10	En arpillas	Mayorista (bodeguero)
	Michoacán	cada	Mediano	7.5-15		
		tercer día	Grande	10-20		
Bodega 2	Veracruz	Media tonelada	Chico	11-15	En arpillas	Mayorista (bodeguero)
	Puebla	cada ocho días	Mediano	12-17		
	(Tehuacán)		Grande	12-19		
Bodega 3	Michoacán	Una y media toneladas	Chico	8-10	Cajas de 15-16 kilogramos	Mayorista (bodeguero) y revendedor a la misma central
	Puebla	cada	Mediano	12-15		
	Veracruz	tercer día	Grande	18-20		
			Extra-grande	23-25		

FUENTE: Elaboración propia.

En esta central de abastos los bodegueros y pequeños vendedores se encuentran debidamente ubicados y separados de acuerdo a los volúmenes que cada uno comercializa y esto a su vez tiene un efecto directo en los precios (Cuadro 4), ya que acaparan el mercado de acuerdo al área geográfica y establecen los precios de mercado dependiendo de la cantidad de producto que esté disponible para la venta. Los bodegueros son los encargados de distribuir el chile manzano, a los pequeños locales donde los intermediarios minoristas adquieren el producto.

CUADRO 4. Precios en los locales de distribución en la Central de Abastos de Iztapalapa, D.F.

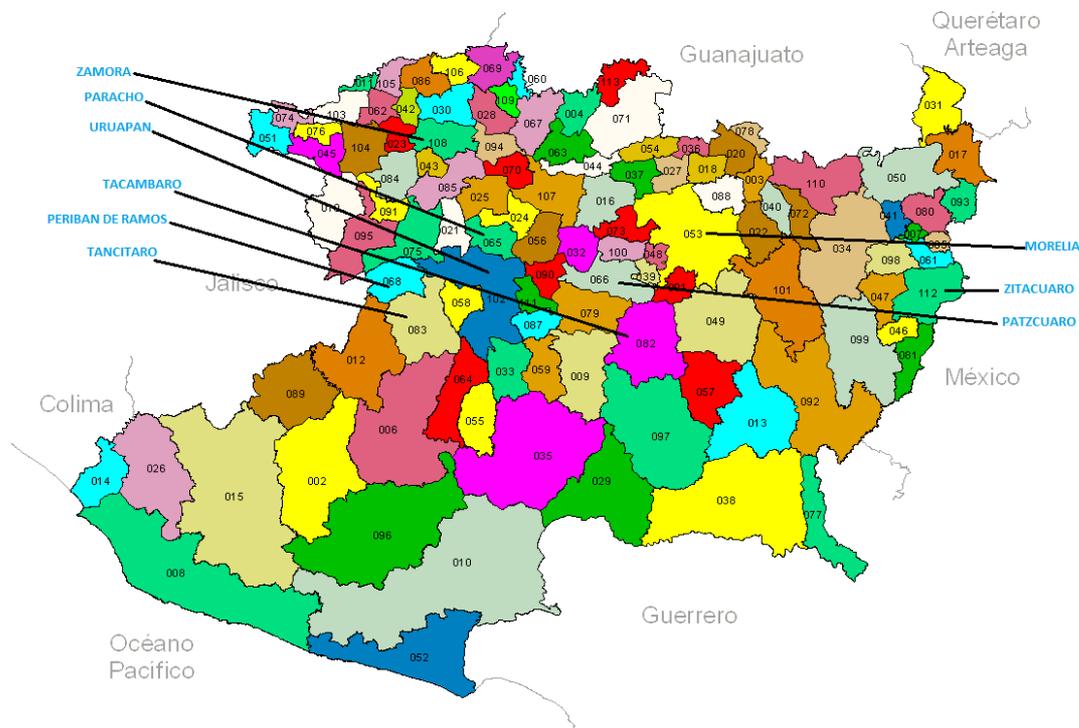
Número de locales	Calidad	Precio promedio anual (\$/Kg)
1	Surtido	20.00
2	Grande	20.00
	Chico	15.00
3	Grande	20.00
	Chico	18.00
4	Surtido	15.00
5	Grande	25.00
	Chico	15.00
6	Surtido	20.00
7	Surtido	20.00
8	Surtido	22.00
9	Surtido	25.00

FUENTE: Elaboración propia. Dónde: Surtido= varios tamaños y formas; Chico=frutos de 20 a 40 gramos; Grande= Frutos de 100 a 120 gramos y con forma definida.

4. Estado de Michoacán

El Estado de Michoacán es el productor de chile manzano más importante del país, aunque no existen cifras oficiales, se estima que cada año se cultivan 1000 hectáreas, y su venta se lleva a cabo en mercados regionales del mismo estado y en la central de abastos de Iztapalapa.

Los municipios con mayor participación en producción son Tacámbaro, Tancítaro, Uruapan, Zitácuaro y Periban de Ramos. Los sistemas de producción en su mayoría son de campo abierto y en menor escala de invernaderos. Los centros de distribución y mercados más importantes son la Central de Abastos de Morelia, Zamora, Pátzcuaro, Parácho y Uruapan (Figura 5).

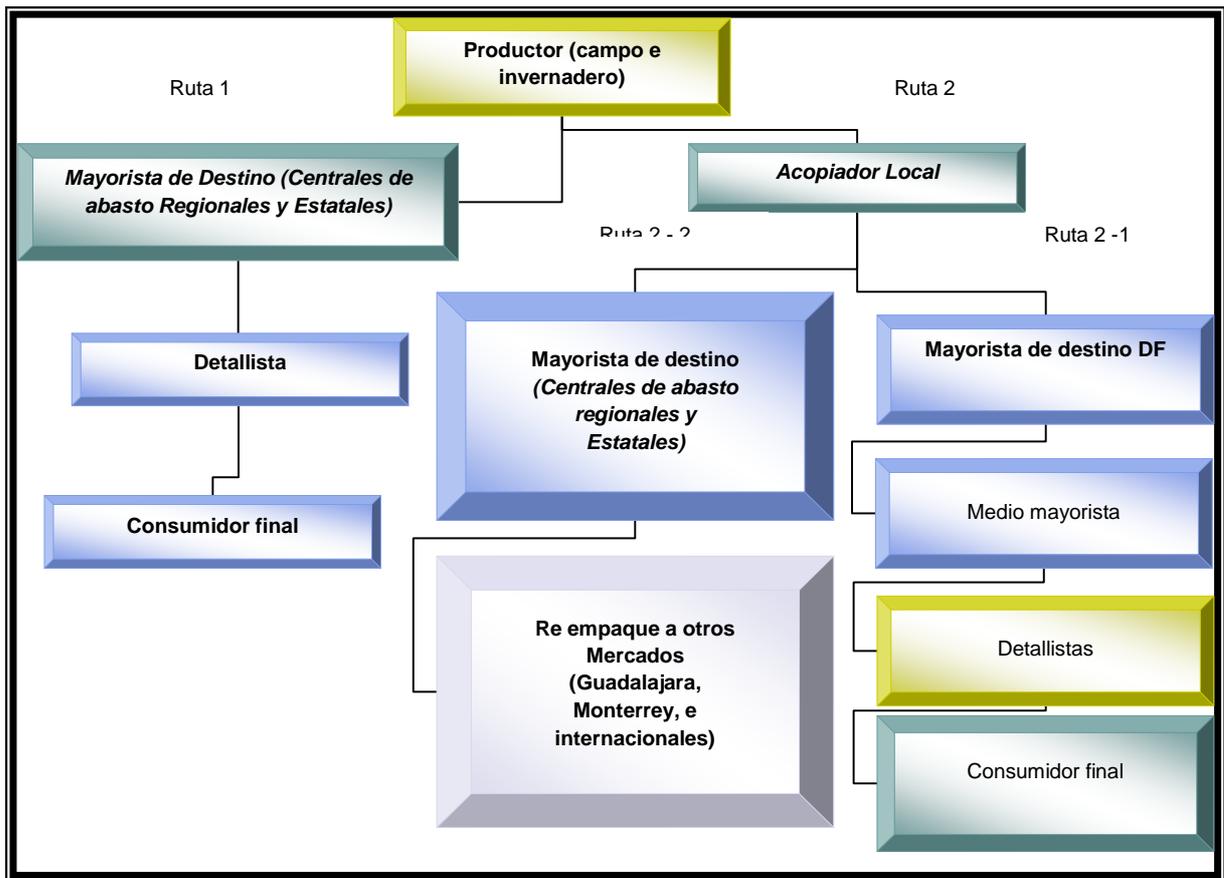


FUENTE: Elaboración propia con datos de <http://www.mapasmexico.net/mapa-michoacan.html#pdf>

FIGURA 5. Ubicación de los municipios de producción y mercados de distribución del chile manzano en el Estado de Michoacán, 2009.

II. Canales de comercialización del chile manzano en México

De acuerdo a las encuestas aplicadas, el estado de Michoacán distribuye a los mercados de Guadalajara, Monterrey y Tijuana y en ocasiones al mercado de Los Ángeles y San Francisco, California, Estados Unidos. Los canales de comercialización en México se muestran esquemáticamente en la Figura 6, de la cual se infiere que los agentes que participan en los diferentes canales pueden ser un número mayor o menor de acuerdo al tipo de mercado en que se distribuya el chile manzano. Aunque, en los mercados más grandes participa un número mayor de agentes de la comercialización y en consecuencia se elevan los precios del producto al consumidor final.



FUENTE: Elaboración propia.

FIGURA 6. Canales de comercialización del chile manzano en México.

III. Calidad del producto

La calidad de los frutos está determinada por varios indicadores como el tamaño, peso, firmeza, intensidad del color y brillo, uniformidad en la forma y tamaño de fruto; ausencia de defectos tales como grietas, pudriciones y quemaduras de sol, fisiopatías, enfermedades entre otras. Sin embargo, en México, de acuerdo a cada tipo de mercado, los índices de calidad están determinados por el consumidor y esto a su vez tiene un efecto directo en los precios.

Los mercados estudiados, de manera general tienen una clasificación de calidad similar. Lo que hace la diferencia es el sistema de producción del cultivo puesto que si es de campo abierto la calidad es pobre o mínima y la vida postcosecha se reduce drásticamente y cuando los frutos provienen del cultivo en invernadero el producto tiene mayor tamaño (longitud y diámetro) (Figura 7).



FIGURA 7. Calidad y empaques de los frutos de chile manzano en los mercados de México. a) frutos producidos en campo abierto, b) y c) en invernadero.

DISCUSIÓN

En México el chile manzano se le cultiva particularmente en las zonas altas y frescas, en altitudes de 1700 a 2400 m., y se ha observado en los últimos 15 años, un incremento en la demanda de este producto, lo cual ha motivado el desarrollo de sistemas de producción intensivo en invernadero para incrementar la cantidad y calidad (Pérez *et al.*, 2004), y la calidad del producto es diferenciado por los consumidores al pagar un precio mayor al fruto obtenido de invernadero *versus* campo abierto (\$15 vs \$25 por kilogramo en promedio por año).

De todos los mercados visitados y las personas entrevistadas se ha generalizado un canal de comercialización para el chile manzano que obedece a todos los agentes participantes en cada uno de los centros de distribución estudiados (Figura 6). Lo anterior concuerda con lo reportado por Espinosa (2005) quien realizó un análisis técnico, financiero y comercial del chile manzano, y concluye que existen varios agentes de la comercialización que encarecen el precio del producto.

La calidad de los frutos de chile manzano son diversas y depende tanto del sistema de producción como del manejo postcosecha. La vida de anaquel o vida postcosecha se reduce drásticamente cuando es de campo abierto y no es destinado a los supermercados o tiendas de autoservicio. En este tipo de centros de consumo la vida postcosecha del fruto se incrementa por el uso de contenedores refrigerados, y de acuerdo con Espinosa *et al.*, (2010), los frutos de chile manzano de invernadero en empaque de charola de unicel más pliofilm y almacenados a 5 °C conservan su calidad comercial hasta 40 días después de la cosecha y conservan el color inicial de los frutos. En tanto que los frutos de invernadero almacenados a temperatura ambiente (20 °C) sólo duran 32 días con calidad aceptable y a 12 °C hasta 40 días, en tanto que a 5 °C conservan su calidad más allá de los 48 días.

CONCLUSIONES

Los sistemas de producción de chile manzano están directamente relacionados con la calidad de fruto. Los de campo abierto son de menor calidad al presentar menor vida de anaquel, frutos de menor tamaño y de poca consistencia, en contraste, los producidos en condiciones de invernadero, son de mayor calidad pues tienen mayor vida de anaquel, son más brillosos y alcanzan mayor precio en el mercado.

Los mercados más importantes de chile manzano en México son: central de abastos de Iztapalapa, central de abastos de Ecatepec y Toluca en el Estado de México, central de abastos de Morelia y Zamora en Michoacán, y la Ciudad de Puebla. Estos mercados pueden clasificarse como mercados nacionales (Iztapalapa), mercados regionales o estatales de abasto (Ecatepec, Toluca, Morelia, Zamora, y Puebla) mercados locales (Huixcolotla, Texcoco, Villa Guerrero, Coatepec Harinas, Uruapan, Pátzcuaro, etc.).

En todos los Estados donde se comercializa chile manzano se presentan los mismos agentes de comercialización y son: Productor, acaparador Local, Mayorista de destino, medio mayorista, detallistas y consumidor final.

LITERATURA CITADA

AVENDAÑO R., B. D.; R., SCHWENTESIUS R.; S., LUGO M. 2006. El impacto de la iniciativa de inocuidad alimentaria de Estados Unidos en las exportaciones de hortalizas frescas del noroeste de México. *Revista Región y Sociedad*. Vol. 18. No. 36.

ESPINOSA T., L. E.; VILLA G. A. 2008. Regiones Productoras de Chile Manzano. *Revista Extensión al Campo*. Año II. Núm. 07-08. Págs. 08-12.

ESPINOSA T., L. E.; M., PÉREZ G.; R., CASTRO B.; M. T., MARTÍNEZ D.; G. BARRIOS P. 2010. Efecto de empaque y temperaturas en el almacenamiento en chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón). *Revista Chapingo Serie Horticultura*. Vol. XVI Núm. 2 Pág. 115-122.

ESPINOSA T., L.E. 2005. Los Sistemas de Producción de Chile Manzano en México. Una evaluación técnica, financiera y comercial. Tesis de Maestría. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. 134 p.

FLOR M., C. F.; W. A., RUÍZ G.; J. M., TOBAR M.; J. A., GALLO C.; E., RENGIFO. 2007. Agronomic evaluation of eight varieties of pepper in the town "Villanueva", municipality of Popayan. *Facultad de Ciencias Agropecuarias*. Vol. 5 No. 2.

MALHOTRA N., K. 2008. Investigación de Mercados. *Un enfoque aplicado*. 5ª Edición. Editorial PEARSON EDUCACIÓN. MÉXICO. 920 p.

PÉREZ G., M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *HortSciencie*. 129(1):88-92.

SÁNCHEZ R., D.P. Y ROMERO M., E. 2005. Simulación de cadenas de abastecimiento "verdes": Caso ajito rocoto (*Capsicum pubescens*). *Third*

LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCET'2005) "Challenges and Opportunities for Engineering Education, Research and Development" 8-10 June 2005, Cartagena, Colombia.

DISCUSIÓN GENERAL

Los sistemas de producción de chile manzano en México son de campo abierto e intensivo en invernadero, estos presentan grandes diferencias que reflejan un efecto directo en la calidad de los frutos. Aunque se ha demostrado que el intensivo bajo condiciones de invernadero es mejor que el de campo abierto, pues presenta ventajas de productividad, volumen de producción, calidad y producción constante a lo largo del año (Pérez y Castro, 2008).

Las condiciones ambientales de temperatura, humedad relativa y radiación para el cultivo de chile manzano en invernadero pueden favorecer la aparición de plagas que causan daños a los frutos y que demeritan la calidad de los mismos. Además es importante emplear un sistema de producción que disminuya los riesgos de pérdidas para los productores y consumidores, dicho sistema es el intensivo bajo invernadero.

Por ello, es importante tener en cuenta que la calidad de los frutos puede disminuir debido a factores ambientales, plagas y manejo inadecuado del producto en la postcosecha y comercialización. No obstante, se han generado técnicas como lo son el uso combinado de bajas temperaturas y de atmósfera modificada que facilita el almacenamiento de frutas y hortalizas, permitiendo con ello la conservación de la calidad comercial por más tiempo (Monaco *et al.*, 2005).

Con el conocimiento y dominio de las técnicas mencionadas anteriormente se pueden mejorar las condiciones de comercialización del chile manzano, pues es importante conocer los mercados, la ubicación geográfica, las condiciones en que llegan los frutos, los intermediarios en la cadena comercial para establecer estrategias que conlleven un valor agregado o mejoren los ingresos para los productores. Aunado a lo anterior, es importante señalar que no es más o menos importante saber producir, saber o no vender, sino entender el comportamiento de los mercados para dominar las técnicas y sistemas de producción que permitan tener ventajas competitivas y llegar a los consumidores con productos de calidad.

En los estudios realizados se encontró que el sistema intensivo en invernadero es el mejor en cuanto a rendimiento de fruto ($7.8 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) debido a un mayor control del ambiente de producción y se observó que el rango óptimo de temperatura para el cultivo fue de 15 a 22 °C, humedad relativa de 60 a 80 % y radiación de 400 a 500 $\text{lum}\cdot\text{sqf}^{-1}$, valores cercanos a los reportados por Pérez y Castro (2008) como óptimos para este cultivo. También, se obtuvo el rango crítico de temperatura mínima ($< 2 \text{ }^\circ\text{C}$) y humedad máxima ($> 80 \%$) se presentaron de noviembre a diciembre, y de temperatura máxima ($> 30 \text{ }^\circ\text{C}$) y humedad mínima ($< 50 \%$) de abril a junio. Las plagas que se presentaron fueron pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) y mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood), en el ciclo primavera-verano, de abril a agosto; el ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), en el ciclo otoño-invierno (septiembre a diciembre) y paratíozoa (*Bactericera cockerelli* Sulc.) de noviembre a diciembre y, en el ciclo primavera-verano, estas causan daños fisiológicos, demeritan la calidad y vida de anaquel de los frutos y ocasionan pérdidas económicas a los productores y vendedores. Por otra parte, es necesario realizar prácticas postcosecha mediante el uso de empaques y temperaturas para mantener la calidad de fruto y para ello, el uso de charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada almacenada a temperaturas bajas de 12 y 5 °C mejoran la vida postcosecha de los frutos.

El mercado de chile manzano en México está dividido conforme a los centros de producción y consumo del país, y se dividen en nacionales como Iztapalapa, Distrito Federal; regionales o estatales como son Ecatepec, Toluca, Zamora, Morelia, Puebla, Huixcolotla; y locales o municipales como son Texcoco, Coatepec Harinas, Villa Guerrero, Tenancingo, Uruapan, Pátzcuaro, Tacámbaro, Jalacingo, Zacapoaxtla, Tehuacán; y todos aquellos que se encuentran en localidades o cabeceras municipales pequeñas. Los canales y agentes (productor, mayorista, minorista, detallista y consumidor final) de comercialización de chile manzano intervienen en la forma de presentación del producto, los ingresos de los

productores, y el acceso a mercados exclusivos (autoservicios). Para los mercados descritos se ha generado un canal de comercialización para el chile manzano que obedece a todos los agentes participantes en cada uno de los centros de distribución estudiados.

La calidad de los frutos en el mercado de chile manzano ésta determinada por el tamaño (grande 100 -120 g, mediano 60-80 g, y pequeños 20-40 g), así como por el color amarillo brillante, forma cuadrada o manzano y alargado o tipo pera, libre de impurezas y daños físicos.

CONCLUSIONES GENERALES

En el cultivo de chile manzano el sistema de producción que presenta mayores ventajas es el intensivo bajo condiciones de invernadero, debido a que se tiene un control relativo de las condiciones ambientales. En este sentido, se encontró que el intervalo óptimo de temperatura, humedad relativa y radiación es de 15 a 22 °C, 60 a 80 % y 400 a 600 lum·sqf⁻¹, respectivamente. Las plagas que se presentaron en el invernadero fueron: Pulgón verde (*Myzus persicae* Sulzer), ácaro blanco (*Polyfagotarsonemus Latus* Banks), araña roja (*Tetranychus urticae* Koch), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum* Westwood) y paratrioza (*Bactericera cockerelli* Sulc.).

Los empaques y temperaturas para mejorar vida postcosecha de frutos de chile manzano es la charola de unicel más pliofilm y charola rígida plastificada empleados a temperaturas bajas de 12 y 5 °C.

Los mercados más importantes de chile manzano en México son: nacional (central de abastos de Iztapalapa); regionales o estatales (central de abastos de Ecatepec y Toluca en el Estado de México, central de abastos de Morelia y Zamora en Michoacán, y la Ciudad de Puebla); y locales (mercados municipales pequeños).

En todos los Estados donde se comercializa chile manzano los agentes de comercialización son: productor, acaparador local, mayorista de destino, medio mayorista, detallistas y consumidor final.

La aceptación de los frutos de chile manzano en los mercados por parte de los consumidores está en función de la calidad, y esta a su vez puede determinarse por las técnicas de empaques y almacenamiento empleadas para mejorar su vida postcosecha, así como por los sistemas de producción en los cuales se cultivan.

LITERATURA CITADA GENERAL

AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. Association Official Analytical Chemist. Washington D.C.

AVENDAÑO R., B. D.; R., SCHWENTESIUS R.; S., LUGO M. 2006. El impacto de la iniciativa de inocuidad alimentaria de Estados Unidos en las exportaciones de hortalizas frescas del noroeste de México. Revista Región y Sociedad. Vol. 18. No. 36.

BAUTISTA, L; ARNAL, E.; APONTE, O. 2005. Relación forética de *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae) y adultos de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). Entomotropica 20(1): 79-80.

BAUTISTA, M. N. 2006. Insectos Plaga. Una guía ilustrada para su identificación. Colegio de Postgraduados. Mexico. 113 p.

BEN-YEHOSHUA, S. 1987. Transpiration, water stress and gas exchange. pp. 113-170. In: Postharvest Physiology of Vegetables. WEICHMAN, J. (ed.) Marcel Dekker Inc. New York. USA.

BONNEMAISON, L. 1975. Enemigos animales de las plantas cultivadas y forestales. Ediciones de occidente. Barcelona, España.

BOURNE M., C. 1980. Texture evaluation of horticultural crops. HortScience 15(1):51-57.

CASTAÑEDA M., R.; VENTURA, R. E. JR.; PENICHE, V. R.; HERRERA, R. G. 2007. Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. Agrociencia, 41(3): 317-335.

CERVANTES M, J.F.; LOMELÍ F., J.R.; PEÑA M., R.; TERRÓN S., R.A.; RODRIGUEZ N., S. 2004. Bioecología de ácaros y áfidos de importancia

agrícola en México. Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México, D.F. 203 p.

CIARLA M. V.; MAREGGIANI, G.; HEIT, G.; PUHL, L. 2005. *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) and *Capsicum annuum* (Solanaceae) volatiles: their effect on predators attraction. Bol. San. Veg. Plagas, 31: 503-507.

CRUZ P., A.; GONZÁLEZ, H. V.; SOTO, H. R.; GUTIÉRREZ, E. A.; GARDEA, B. A.; PÉREZ, G. M. 2007. Capsaicinoides, vitamina C y heterosis durante el desarrollo del fruto de chile manzano. Revista Agrociencia 41:627-635.

ESCUADERO L.A.; BALDO-GOSALVEZ, M.; FERRAGUT, F. 2005. Eficacia de los fitoseidos como depredadores de las arañas rojas de cultivos hortícolas *Tetranychus urticae*, *T. turkestanii*, *T. ludeni* y *T. evansi* (Acari: Tetranychidae). Bol. San. Veg. Plagas, 31: 377-383.

ESPINOSA T., L. E.; VILLA G. A. 2008. Regiones Productoras de Chile Manzano. Revista Extensión al Campo. Año II. Núm. 07-08. Págs. 08-12.

ESPINOSA T., L. E.; M., PÉREZ G.; R., CASTRO B.; M. T., MARTÍNEZ D.; G. BARRIOS P. 2010. Efecto de empaque y temperaturas en el almacenamiento en chile manzano (*Capsicum pubescens* Ruíz y Pavón). Revista Chapingo Serie Horticultura. Vol. XVI Núm. 2 Pág. 115-122.

ESPINOSA T., L.E. 2005. Los Sistemas de Producción de Chile Manzano en México. Una evaluación técnica, financiera y comercial. Tesis de Maestría. Instituto de Horticultura, Universidad Autónoma Chapingo. 134 p.

FLOR M., C. F.; W. A., RUÍZ G.; J. M., TOBAR M.; J. A., GALLO C.; E., RENGIFO. 2007. Agronomic evaluation of eight varieties of pepper in the town "Villanueva", municipality of Popayan. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Vol. 5 No. 2.

JONES, V. P; BROWN, R. D. 1983. Reproductive responses of the broad mite, *Polyphagotarsonemus Latus* (Acari: Tarsonemidae), to constant temperature-humidity regimes. *Annals of the Entomological Society of America*. 76:466-469.

KAYS, S.J. y R.E. PAULL. 2004. *Postharvest Biology*. Exon Press, Athens, Ga. E.U.A. 568 p.

KEHR M., Elizabeth. 2002. Susceptibilidad a daño por enfriamiento en postcosecha de pimiento y tratamientos para disminuir su efecto. *Revista Agricultura Técnica*. 62(4):509-518.

LICHTENTHALER, H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, v.148, p.350-382.

MALHOTRA N., K. 2008. *Investigación de Mercados. Un enfoque aplicado*. 5ª Edición. Editorial PEARSON EDUCACIÓN. MÉXICO. 920 p.

MENDEZ, T. V.; GONZÁLEZ, M. D.; GUTIERREZ, M. F. A. 2005. Contenido de carotenoides y color extractable de nuevos cultivares de chile pimiento. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, julio-diciembre, año/vol. 11, número 002.

MINOLTA. 1994. *Caracterización Precisa del Color (Control del color desde la percepción sensorial a la instrumentación)*. E.537205. Alemania. 1-21 pp.

MONACO, E.; CHIESA, A.; TRINCHERO, G.; FRASCHINA, A. 2005. Selección de Películas Poliméricas para su empleo con lechuga en *Atmosfera Modificada*. INTA. Argentina. *RIA*; 34(1): 59-70.

MORET, A.; NADAL, M. 2007. *Insectos Perjudiciales y beneficiosos para la agricultura*. Ed. Omega.

NOBEL, P. S. 1991. *Physicochemical and environmental plant physiology*. Academic Press Inc. 632 p.

NUNES, M. C.; BRECHT, J. K.; MORAIS, A. M. AND SARGENT, S. A. 1995. Physical and chemical quality characteristics of strawberries after

storage are reduced by a short delay to cooling. *Postharvest Biology and Technology* 6(1): 17-28.

PANTASTICO, B. 1979. Fisiología de la posrecolección. Manejo y utilización de frutas y hortalizas tropicales y subtropicales. Editorial Continental. México, DF. 663 p.

PÉREZ G., M.; GONZALEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Revista HortSciencie*. 129(1):88-92.

PÉREZ G., M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *Journal American For Horticultural Sciencie*. 129(1):88-92.

PÉREZ G., M.; GONZÁLEZ, H. V. A.; MENDOZA, C. M. C.; PEÑA, V. C. 2004. Physiological characterization of manzano hot pepper (*Capsicum pubescens* R & P) landraces. *HortSciencie*. 129(1):88-92.

PHYLLIS G., W.; KLEITMANA, A. S.; MORIA, R.; SHAPIRAB, N.; PALEVSKY, E. 2003. Control del ácaro (*Polyphagotarsonemus latus* (Bancos)) sobre pimientos morrones de invernadero orgánicos (*Capsicum annuum* L.) con el ácaro predador, *Neoseiulus cucumeris* (*Oudemans*). *Biological Control*. 27(3): 300-309.

SÁNCHEZ R., D.P. Y ROMERO M., E. 2005. Simulación de cadenas de abastecimiento "verdes": Caso ajito rocoto (*Capsicum pubescens*). Third LACCEI International Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology (LACCET'2005) "Challenges and Opportunities for Engineering Education, Research and Development" 8-10 June 2005, Cartagena, Colombia.

SERVICIO DE INFORMACION AGROALIMENTARIA Y PESQUERA. SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERIA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACION. (SIAP-SAGARPA). 2007. Retos y perspectivas para los pequeños productores mexicanos ante la apertura comercial. *Horticultura protegida (diagnostico)*.

SIGMAPLOT for Windows version 10.0. 2006. SYSTAT Software Inc.

SIGMASTAT for Windows version 3.5. 2006. SYSTAT Software Inc.

SILLER C., J.; BÁEZ S., M.; MUY-RANGEL, L.; CONTRERAS M., R.; CONTRERAS A., L. 2005. Carotenoids, ascorbic acid and other nutriments on red, yellow and orange bell pepper fruit grown under greenhouse conditions. Proceedings of the Second World Pepper Convention. Zacatecas, Zac., MEXICO. pp. 59-61.

SNYDER R., L. 1985. Hand calculating degree days. Agric. For. Meteorol. 35: 353-358.

SOFTWARE SAS (Statistical Analysis System Institute Inc.) versión 8.0

VARIOS, 1996. Nuevas tecnologías de conservación de frutas y hortalizas. Atmósferas modificadas. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 221 pp.

VILLA C., M.; CATALÁN V., E.; INZUNZA I., M. 2005. Análisis de información climática para usos agrícolas. Revista AGROFAZ. 5(1): 718-724.

WILLS, R., B. MC GLASSON, D. GRAHAM Y D. JOYCE. 1998. Introducción a la Fisiología y Manipulación Postcosecha de Frutas, Hortalizas y Plantas Ornamentales. 2ª Edición. Edit. Acribia, S.A. España.